237

HARVARD MEDICAL
LIBRARY

RÖNTGEN

THE LLOYD E. HAWES
COLLECTION IN THE
HISTORY OF RADIOLOGY

Harvard Medical Library
in the Francis A. Countway
Library of Medicine ~ *Boston*

VERITATEM PER MEDICINAM QUÆRAMUS

S. Jenaische Allgemeine Lit. Zeit. 1823. Febr. N. 32. 33. col. 249-260

Darstellung

der neuen Entdeckungen

über

die Electricität

und

den Magnetismus

von

Oerstedt, Arago, Ampère, H. Davy, Biot, Erman, Schweigger, de la Rive u. s. w.

durch

Ampère und Babinet.

Aus dem Französischen.

Mit zwei Kupfertafeln.

Leipzig, 1822,

bei Leopold Voß.

Darstellung

der

neuen Entdeckungen

über

den Magnetismus und die Electricität.

Unterscheidung zwischen den beiden Arten von Electricität.

Wir nehmen, in Uebereinstimmung mit der von den französischen und vielen andern auswärtigen Physikern angenommenen Lehre, das Vorhandenseyn zwei electrischer Flüssigkeiten an, die fähig sind sich gegenseitig zu neutralisiren und deren Verbindung, in bestimmten Proportionen, den natürlichen Zustand der Körper ausmacht. Diese Theorie liefert zu allen Thatsachen eine einfache Erklärungsart und gibt, der entscheidenden Probe der Rechnung unterworfen, Resultate, welche mit der Erfahrung zusammenstimmen; doch scheinen die Benennungen positiv und negativ beibehalten werden zu müssen:

1. Weil diese Worte, positiv und negativ, in allen Anwendungen der mathematischen Analysis zwei Arten von Größen bezeichnen, deren eine eben so wohl existirt als die andere, die aber von der Beschaffenheit sind, daß sie, wenn sie gleiche absolute Werthe haben, sich durch ihre Vereinigung wechselseitig vernichten, und daß, wenn sie ungleiche absolute Werthe haben, der Effect dieser Vereinigung ein Werth ist, der ihrer Differenz gleich ist und dasselbe Zeichen hat, wie diejenige, deren absoluter Werth der größere ist; ganz dasselbe findet in Betreff der beiden Electricitäten Statt.

2) Weil der Gebrauch dieser Worte, in diesem Sinne genommen, das Mittel abgibt, Thatsachen unter einen allgemeinen Ausdruck zu bringen, die man in Ermangelung desselben nicht würde beschreiben können, ohne in das Detail aller einzelnen sich darbietenden Fälle einzugehen. Behalten wir für die beiden Electricitäten die Benennungen positive E. und negative E. bei, und nehmen wir diese beiden Ausdrücke in dem Sinne, in welchem die Geometrie sie nimmt, so wird man z. B. sagen können, daß, wenn man zwei isolirte und in verschiedenem Grade electrisirte metallische Kugeln von gleichen Durchmessern in Berührung gebracht hat, dieselben, nachdem man sie getrennt hat, eine Electricität zeigen, welche der halben Summe ihrer ursprünglichen Electricitäten gleich ist; und dieser Ausdruck wird die verschiedenen Fälle in sich begreifen, wo entweder die beiden Electricitäten positiv sind, oder wo beide negativ sind, oder wo die eine positiv, die andere negativ ist, mag nun die positive einen größern oder kleinern absoluten Werth haben als die andere; ferner, wenn eine Zinkscheibe auf einer isolirten und electrisirten Kupferscheibe ruht, wird man den electrischen Zustand des Zinks so ausdrücken, daß man sagt, es finde zwischen diesem Zustande und dem des Kupfers eine constante immer positive Differenz Statt, mag nun das Kupfer positiv oder negativ seyn; während man, ohne Anwendung der Zeichen (+) plus und (—) minus für die beiden Electricitäten, sich in jedem dieser Fälle verschieden ausdrücken müßte.

3. Weil die Worte Glas-Electricität und Harz-Electricität nicht nur die Eigenschaft der beiden Electrici

täten, sich wechselseitig zu neutralisiren, welche sie am wesentlichsten charakterisirt, nicht ausdrücken, sondern auch anzeigen, daß immer das Glas die positive, und das Harz die negative Electricität annehme, mit welchen Substanzen man sie auch reibe, welchem die Erfahrung widerspricht.

4. Weil der Gebrauch der Ausdrücke positive E. und negative E. nicht nur allgemein von den Physikern der übrigen Nationen, sondern auch von denjenigen Franzosen aufgenommen worden ist, welche keine Zierde darin suchen, sich nur solcher Ausdrücke zu bedienen, die man jenen substituirt hat. Diese Veränderung geschah ohne Grund; und als man das Vorhandenseyn zweier Flüssigkeiten annahm, hätte man sagen sollen: sie besitzen gegenseitig die entgegengesetzten Eigenschaften der positiven und negativen Größen der Geometrie; die eine muß daher das positive, die andere das negative Fluidum heißen; die Wahl ist willkührlich, so wie man willkührlich die Seite der Axe einer Kurve wählt, wo ihre Abscissen positiv sind; dann aber müssen die der andern Seite nothwendig als negativ betrachtet werden, und ist die Wahl einmal geschehn, wie dieß in Betreff der beiden Electricitäten der Fall ist, so darf man darin keine Veränderungen vornehmen.

Neue Eigenschaften *) der Volta'schen Leiter, und Folgerungen, die sich rücksichtlich der Ursache der magnetischen Erscheinungen daraus ableiten lassen.

1. In der isolirten Säule offenbart sich jede Art von Electricität an einem der Enden des Apparats, die positive am Zinkende, die negative am Kupferende **).

---

*) J. Chr. Oersted, Professor der Physik an der Universität zu Copenhagen, kündigte im Jahr 1820 zuerst an, daß die Magnetnadel durch den Einfluß des Volta'schen Apparates ihre Richtung verändere; daß diese Wirkung vor sich ginge, wenn der Kreis geschlossen wäre, und nicht im entgegengesetzten Falle. Ampère, Mitglied der Academie der Wissenschaften des Instituts, beschäftigte sich alsbald eifrig mit verschiedenen Versuchen über diesen Gegenstand, anfangs allein in der Absicht, die Arbeit des gelehrten Dänen zu ergänzen. Bald aber entdeckte er selbst, daß eine andere Portion des Volta'schen Kreises, ohne daß ein Magnet zugegen war, eine neue Art von Wirkung auf den Metalldraht ausübte, vermittelst welches dieser Kreis hergestellt wird. Die Kenntniß dieser Thatsache führte ihn auf mehrere andere Beobachtungen, die er nach und nach nebst den Folgerungen, welche er daraus zog, und welche den allgemeinen Zweck haben die Identität der Electricität und des Magnetismus darzuthun, der Academie der Wissenschaften mittheilte.

Es konnte nicht anders als nützlich seyn, die Darstellung neuer Phänomene von so großer Wichtigkeit in dieses Supplement zur Electricitätslehre aufzunehmen; diese Darstellung hat Babinet, Professor der Physik am königl. Collegium zu St. Louis, in Verbindung mit Ampère unternommen, welchem letztern auch die hier entwickelte Theorie, alle Versuche, deren Urheber nicht genannt sind, und die Bemerkungen angehören, die über die Unterscheidung der beiden Arten von E. vorausgeschickt wurden.

**) Indem wir die beiden Enden der Säule so bezeichnen, setzen wir voraus, daß sie in zwei vollkommne Paare von Kupfer und Zink ausgeht, und nicht in ein halbes Paar von Kupfer an dem einen Ende, und von Zink an dem andern; im letztern Falle

Da diese Wirkung, die sich durch Electrometer und Condensator schätzen läßt, trotz der Ursachen, welche die Säule zu entladen streben, sich behauptet, so folgt, daß die Trennung der beiden Electricitäten, welche in jedem Elemente Statt findet und welche beständig die positive E. dem einen, die negative dem andern Ende der Säule zuführt, fortwährend vor sich gehe, wenn man beide Enden durch einen gut leitenden Körper mit einander verbindet, der den beiden electrischen Principien sich zu vereinigen und zu neutralisiren verstattet. In der Säule CZ Fig. 1, deren positives Ende Z mit dem negativen C durch den Metalldraht ZAC verbunden ist, muß man annehmen, daß die positive E. dem Theile des Drahtes und der Säule, welcher auf der Seite von C ist, entzogen und durch die Wirkung des Apparates nach dem Ende Z geführt wird, um durch ZAC wieder zurückzukehren und so einen Strom zu bilden, der so lange besteht, als die Säule ihre Wirksamkeit behält. Und da dieselbe Wirkung auch in entgegengesetzter Richtung in Betreff der negativen Electricität, ihres Ueberganges von Z nach C und ihrer Rückkehr von C nach Z durch CAZ sich äußert, so gibt sie einem Strom von negativer Electricität Entstehung, dessen Richtung der des vorigen Stromes entgegengesetzt ist; diese beiden Ströme erneuern sich immer, so lange man die beiden Enden der Säule mit einander verbunden seyn läßt. Es ist sonach genug, die Richtung

---

müßte man diese Benennungen gegen einander vertauschen, um ihnen dieselbe Bedeutung hinsichtlich der Richtung des Stromes zu erhalten.

des Ueberganges eines der electrischen Prinzipien zu bezeichnen, um zugleich die Richtung des Ueberganges des andern anzudeuten, und aus diesem Grunde werden wir, wenn wir uns künftig zu Bezeichnung der Richtung, in welcher die beiden Electricitäten sich bewegen, des Ausdrucks „electrischer Strom" bedienen, diesen Ausdruck auf die positive E. beschränken und darunter verstehen, daß die negative E. sich immer in entgegengesetzter Richtung bewegt. So werden wir z. B. sagen, daß in der Säule Fig. 1 der electrische Strom von C nach Z gehe, um mit einem Male auszudrücken, daß die positive E. von C nach Z und die negative von Z nach C getrieben werde; und eben so, wenn wir sagen werden daß in dem Leiter der electrische Strom von Z nach C gehe, wollen wir damit die Richtung der positiven E. und damit auch die der negativen von C nach Z ausdrücken.

2. Setzt man durch einen Metalldraht die beiden Enden einer Säule mit einander in Verbindung, so zeigt sich keine Spannung mehr in ihr, selbst nicht durch den empfindlichsten Condensator; man nimmt aber alsdann andere Phänomene wahr, die sehr merkwürdig und ganz verschieden von denen sind, welche die Electricität im Zustande der Spannung hervorbringt, — Phänomene, deren Existenz den directen Beweis liefert, daß durch diese Verbindung die electromotorische Wirkung der Säule nicht aufgehoben wird. Phänomene dieser Art, welche schon vor Oersteds Untersuchungen bekannt waren, sind: die Zersetzung des Wassers, der Salze und aller chemischen Verbindungen; die Wärme und das Licht, welche in der verdünnten Luft zwischen zwei Leitern entstehn, die mit

den beiden Enden der Säule verbunden sind und in einer so kleinen Entfernung von einander gehalten werden, daß der Strom sich von dem einen auf den andern fortsetzen könne; das Glühen sehr feiner Metalldrähte, die einen Theil des Kreises ausmachen.

Neuerdings hat Oersted die Wirkung entdeckt, welche der electrische Strom auf die Magnetnadel ausübt; Ampère die Anziehungen und Abstoßungen der Leiter, welche die beiden Enden der Säule verbinden, so wie auch die Wirkung der Erdkugel auf sie, — Thatsachen, an welche er die Theorie sowohl der Wirkung, die zwischen jenen Leitern und den Magneten Statt findet, als auch derjenigen, die die Magnete unter einander ausüben, geknüpft hat. Arago hat sowohl für die gewöhnliche, als für die Säulen-Electricität die Eigenschaft aufgefunden, die sie besitzen, Körper, welche für die magnetische Kraft empfänglich sind, zu magnetisiren.

Oersted's Entdeckung, die die Veranlassung zu alle dem war, was man seitdem in diesem Zweige der Physik unternommen und gefunden hat, besteht darin, daß die Magnetnadel durch die Wirkung, welche der electrische Strom eines leitenden Drahtes auf sie äußert, aus ihrer natürlichen Lage gebracht wird. Die verschiedenen Umstände, welche von der Lage dieses Drahtes und der Richtung des Stromes abhängen, werden wir in dieser Schrift erst da beschreiben, wo wir uns mit dem wechselseitigen Einflusse der electrischen Ströme und der Magnete beschäftigen werden; denn die natürliche Ordnung der Thatsachen, aus welchen dieser neue Zweig der Phy-

ſik beſteht, erheiſcht offenbar, daß wir mit der einfachſten, alſo mit der Wechſelwirkung zwei electriſcher Ströme, den Anfang machen.

3. Um die Phänomene von Anziehung und Abſtoßung der electriſchen Ströme zu beobachten, iſt es unerläßlich, den Leiter, welcher beide Enden der Säule mit einander verbindet, oder doch einen Theil deſſelben, beweglich zu machen. Die in Fig. 2 dargeſtellte Art und Weiſe läßt dem Metalldraht, welcher dazu dient, eine große Beweglichkeit zu. An beiden Enden des Drahtes ſind ſenkrechte Stahlſpitzen angelöthet, deren obere, die wie ein Zapfen den beweglichen Draht trägt, in einer kleinen metallnen Schale oder Kapſel A ruht; eben ſo ſteht die untere, die ſich ſenkrecht unter der erſtern befinden muß, ohne ſie zu berühren, mit einer ähnlichen Schale B vermittelſt etwas Queckſilber, das man in dieſe gießt, in Verbindung; ſo geht der electriſche Strom, der durch die metallne, mit dem poſitiven Ende der Säule verbundne Kapſel Z ankommt, durch den gebogenen Schaft ZA zu der Kapſel A und dem Drahte AaD, auf der einen Seite des Stückes Elfenbein oder lakirten Holzes K hinweg, das den Draht feſtzuhalten und ſeine nahen Theile zu iſoliren dient. Nachdem dieſer Strom den ganzen Draht durchlaufen hat, kommt er durch M nach der Kapſel B, indem er auf der andern Seite des Stückes K weggeht, und gelangt von da durch den Schaft BQC zu der Schale C, die man mit dem negativen Ende der Säule in Verbindung bringt. Der Träger U, welchen die die Kapſeln A und B tragenden gebogenen Schäfte durchbohren, muß aus einer die Säulen-Electricität hinläng-

lich isolirenden Substanz, wie aus Holz, Kork u. s. w. verfertigt seyn, — es wäre denn, daß man die Schäfte durch Glasröhren führte, die in diesem Träger steckten, wo er dann aus jeder beliebigen Substanz bestehen kann. Um die Verbindung zwischen dem Draht und der Kapsel A, welche ersterer nur durch eine sehr feine Stahlspitze berührt, vollkommner zu machen, muß man auch in diese Kapsel etwas Queckſilber schütten, und überhaupt ist es gut alle Stellen, wo zwei Theile des Volta'schen Kreises blos durch Berührung mit einander communiciren, damit zu versehn. Eben so sollten daher die Schalen C und Z ein wenig Queckſilber enthalten, dann wird sich die Verbindung derselben mit der Säule sehr bequem bewerkstelligen lassen, indem man Drähte hineintaucht, deren andere Enden mit denen der Säule verbunden sind.

In Fig. 3 sieht man einen Draht, der in Form eines Rectangels gebogen, und auf die eben beschriebene Weise aufgehangen ist. Der Strom, welcher durch die Kapsel Z ankommt, durchläuft den ganzen beweglichen Draht in der Richtung ZADFGMBQC. Die Figuren 4, 5 und 6 stellen andere Drähte vor, die auf verschiedene Art gebogen, aber alle auf dieselbe Weise aufgehangen sind. Der Träger U, Fig. 2 und 3, der die Kapseln trägt, in welche die Stahlspitzen der Drähte eintauchen, paßt wie ein Stöpsel auf eine Oeffnung K, die in das an dem Rahmen XTTY, welcher auf dem Fußgestell XY steht, befestigte Brettchen H geschnitten ist. Die beweglichen Leiter, welche sich auf der Spitze, die sie trägt, umdrehen, werden fast einen ganzen Kreis beschreiben können, und dieß ist für die Versuche, zu welchen

dieser Apparat bestimmt ist, genug; nur muß man, wenn man alle Bewegung, deren er fähig ist, benutzen will, Sorge tragen, die die Kapseln haltenden gebogenen Schäfte so anzubringen, daß der Leiter durch sie nicht gehindert werde den größtmöglichen Bogen, von seiner anfänglichen Lage an gerechnet, zu beschreiben.

4. Mit diesem Apparat wird es sehr leicht seyn, die der Theorie zum Grunde liegende Thatsache zu bestätigen: daß nämlich zwei parallele Metalldrähte, längs denen electrische Ströme hinlaufen, sich anziehn, wenn diese Ströme eine und dieselbe Richtung haben, im entgegengesetzten Fall aber sich abstoßen. Dieß wird man sehn, wenn man den electrischen Strom von dem positiven Ende der Säule durch den Drath VZ nach der Schale Z, und durch den Drath CILR zurück nach dem negativen Ende gehen läßt, nachdem er den ganzen beweglichen Leiter so durchlaufen hat, daß er in dem senkrechten Drathe IL von oben nach unten gerichtet ist.

Unterbricht man die Verbindung, indem man z. B. den Draht, welcher in die Kapsel Z eintaucht, herauszieht, und stellt man den beweglichen Leiter ADFGMB so, daß der Theil DF desselben, in welchem der Strom wie in dem Drahte IL herabsteigt, diesem letztern nahe sey, so wird man bei Wiederherstellung des Kreises sehen, daß der Theil DF des Leiters sich nach dem Drahte IL hinbegeben und daß er, nachdem er diesen berührt hat, daran haften bleiben wird; ist dagegen der Theil GM des Leiters, in welchem der Strom aufwärts steigt, in der Nähe des Drahtes IL, wo er herabsteigt, so wird

der bewegliche Draht GM unmittelbar nach Herstellung des Kreises zurückgestoßen werden und sich von IL entfernen.

5. Wir werden sogleich sehen, daß die Erde auf die beweglichen Leiter, wie ADFGMB, eine richtende Wirkung ausübt, welche die Ebene DFGM in eine Lage zu bringen strebt, wo sie auf die Richtung der Magnetnadel senkrecht ist, und wo der Strom in dem untern Theile dieser Leiter von Ost nach West geht. Man muß daher, damit die Wirkung der Erde sich nicht mit der des Drahtes IL combinire, Sorge tragen, den Apparat vorher so zu stellen, daß die Ebene des Leiters genau diese Richtung habe, und daß ferner, wenn der Strom, wie wir in der Figur angenommen haben, von F nach G geht, der Punkt F östlich, der Punkt G westlich sich befinde. Man überzeugt sich leicht, daß alsdann die den Leiter in Bewegung setzende Wirkung der Erde völlig null ist, indem man den electrischen Strom nur durch diesen Leiter gehn läßt: man führt zu dem Ende die Drähte, welche nach den beiden Enden der Säule gehn, gerades Weges nach den Schalen C und Z, ohne den Strom vorher durch IL fließen zu lassen; dann bleibt der Leiter, der in die angegebene Lage gebracht worden war, unbeweglich. Will man hierauf die Anziehung oder die Abstoßung des Drahtes IL und des beweglichen Leiters versuchen, so muß man, letztern in der Lage lassend, in welche die Wirkung der Erde ihn versetzt hat, IL abwechselnd DF oder GM nähern: in dieser Absicht stellt man den Rahmen XTTY bald östlich bald westlich des beweglichen Leiters, wobei man nicht vergessen darf den

Träger U jedesmal zu drehen, wenn man den Stand des Rahmens verändert; so bringt man 1L in die Nähe von DF oder von GM, während diese immer ihre nämliche Lage behalten.

6. Man kann auch den beweglichen Leiter der richtenden Wirkung der Erde entziehn, wenn man ihn aus einem Messingdraht verfertigt, der so gebogen ist, daß er zwei gleiche Figuren bildet, in welchen der electrische Strom sich auf entgegengesetzte Weise bewegt, wo dann die Wirkung der Erde auf einen dieser Theile durch die auf den andern aufgewogen wird; Fig. 4 und 5 stellen dieß dar: der Theil bcdef des beweglichen Leiters in Fig. 4 bildet einen fast geschloßnen Kreis, von rechtwinkliger Gestalt, in welchem der von a kommende Strom der Ordnung der Buchstaben folgt, und der andere Theil desselben Leiters, nämlich fghik, bildeti ebenfalls einen dem erstern gleichen Rectangel, in welchem der Strom die entgegengesetzte Richtung hat; welche Wirkung nun auch die Erde ausüben mag, um den einen Rectangel nach einer Richtung zu drehen, dieselbe findet auch entgegengesetzt auf den andern Statt, und beide Wirkungen vernichten sich daher gegenseitig. Eben so sieht man in Fig. 5 einen beweglichen Leiter abcdefghiklm so gebogen, daß sein unterer Theil defgh einen fast geschlossenen Kreis von rechtwinkliger Gestalt bildet, und daß seine beiden obern Schenkel bcd und hikl durch ihre Vereinigung einen dem erstern ähnlichen Kreis abgeben, in welchem der Strom sich nach der entgegengesetzten Richtung bewegt. Man überzeugt sich leicht durch einen

Versuch, daß wenn man einen electrischen Strom durch einen solchen Leiter gehen läßt, dieser die richtende Wirkung der Erde nicht erfährt und in allen ihm gegebenen Lagen unbeweglich bleibt.

Den Leiter in Fig. 4 muß man an die Stelle des in Fig. 3 abgebildeten setzen, wenn man den Versuch über die Anziehungen und Abstoßungen paralleler Ströme ungestört von der richtenden Wirkung der Erde wiederholen will; die Richtung der Ebene cdhg des Leiters mag dann seyn welche sie will, die Wirkung bleibt dieselbe. Hat der Strom in dem Leiter die Richtung wie in Fig. 4, so findet zwischen dem Drahte 1L des Apparates in Fig. 3, wo der Strom herabsteigt, und den Seiten cd, gh, wo er ebenfalls herabsteigt, Anziehung Statt. Das Gegentheil wird Statt finden, wenn man die beiden Drähte in den Kapseln vertauscht, was eben darauf hinauskommt, als ob man die Richtung des Stromes in dem beweglichen Leiter veränderte, ohne die des Stromes im Drahte 1L zu verändern; bei diesem Verfahren wird man so oft, als man will, die Abstoßung und die Anziehung zwischen den nämlichen beiden parallelen Drähten abwechseln lassen können.

7. Diese Versuche gelingen nicht minder, wenn man, anstatt zwei Drähte, die Theile des Kreises einer und derselben Säule sind, auf einander wirken zu lassen, zwei Drähte auf einander wirken läßt, die die Ströme zweier verschiedenen Säulen führen. Befinden sich die Enden dieser Drähte, die die gleichnamige Electricität empfangen, auf einer und derselben Seite, so findet Anziehung, im entgegengesetzten Falle Abstoßung Statt.

8) Wir haben gesehen, daß zwei parallele Drähte sich anziehen, wenn sich ihre Ströme nach gleicher Richtung bewegen, und daß sie, mit einander in Berührung gerathen, so lange zusammenhängen bleiben, als der electrische Strom in dem einen und in dem andern dieselbe Richtung fortbehält. So zieht der Draht IL Fig. 3, der in I mit dem positiven, in L mit dem negativen Ende der Säule in Verbindung ist, den Drath DF an, welcher in D mit dem positiven und in F mit dem negativen Ende derselben communicirt: hieraus folgt, daß diese Wirkung von der Wirkung der Electricität im Zustande der Spannung absolut verschieden ist; denn diejenigen Enden der beiden sich hier gegen einander hin bewegenden Drähte, welche in Berührung kommen, stehen mit einem und demselben Ende der Säule in Verbindung, und beide Drähte bleiben, nachdem sie sich berührt haben, vereinigt, — während die Theile des Drahtes, die sich anziehen und berühren, mit den Electricitäten entgegengesetzter Art communiciren müßten, fänden hier dieselben Anziehungen und Abstoßungen wie im Zustande der electrischen Spannung Statt; ferner würden die Theile, welche sich anzogen, sich nach der Berührung wieder abstoßen, es wäre denn daß sie durch diese Berührung in den natürlichen Zustand zurückkehrten, wo dann keine Wirkung mehr zwischen ihnen Statt finden würde.

9. Mit Hülfe des Leiters in Fig. 5 kann man sehen, daß zwei Ströme, ihre Richtung mag seyn welche sie will, sich in die Lage zu begeben suchen, wo sie einander parallel sind und die nämliche Richtung haben. Setzt man daher an die Stelle des beweglichen Leiters ADFGMB

in Fig. 3 den in Fig. 5 und läßt man den Strom gerade von dem positiven Ende der Säule nach der Schale Z, und von der Schale C geraden Weges zurück nach ihrem negativen Ende gelangen, durch einen Metalldraht, der lang genug ist um einen Theil desselben in jede beliebige Lage bringen zu können, so wird der Theil fg, (Fig. 5.) dieses beweglichen Leiters, der das Stück FG in Fig. 3 ersetzt und den electrischen Strom von f nach g führt, wenn man unter demselben in irgend einer horizontalen Richtung EO (Fig. 3) den Metalldraht hin gehn läßt, durch den die Schale C mit dem negativen Pole in Verbindung steht — so wird, sagen wir, dieser Theil fg sich drehen, bis er dem Drahte EO parallel ist und sein Strom nach derselben Richtung läuft, wie der dieses Drahtes. Sind in dem Augenblicke, wo man den electrischen Kreis herstellt, die beiden Drähte zwar einander parallel, aber laufen ihre Ströme nach entgegengesetzten Richtungen, so wird der Strom des beweglichen Drahtes, durch den des unbeweglichen auf beiden Seiten abgestoßen, denselben drehen, bis beide Ströme einander parallel und nach gleicher Richtung verlaufend sind, und jeder Punkt des beweglichen Drahtes wird bei dieser Bewegung einen Halbkreis beschrieben haben.

Bei Anstellung dieses Versuchs bemerkt man, was leicht vorherzusehn war, daß der bewegliche Leiter in der Lage, in welcher er dem unbeweglichen, über dem er sich fixiren soll, parallel ist, nie gleich in Ruhe kommt, sondern diese Lage wegen der erlangten Geschwindigkeit überschreitet, wieder in dieselbe zurückkehrt, sie nochmals über-

schreitet und erst nach einigen Schwingungen sich in derselben fixirt.

10. Man kann die richtende Kraft, welche der den Draht E O durchlaufende electrische Strom auf den beweglichen Leiter ausübt, sehr vermehren, wenn man diesen Draht mehrfach von E nach O führt: z. B. wenn man ihn, der als im Punkte E unter dem Tische hervorkommend angenommen wird, nachdem man ihn von I nach O ausgespannt hat, im Punkte O wieder unter den Tisch gehen läßt, um ihn abermals nach dem Punkte E heraufzuführen und von neuem in einer dem ersten Drahte E O parallelen Richtung, und demselben sehr nahe, auszuspannen, was man so oft wiederholen kann als man will. Wir merken noch an, daß, um diese Wirkung zu erhalten, die unter dem Tische sich befindenden Theile des Drahtes den darüber befindlichen nicht zu nahe seyn dürfen; denn da der Strom sich in den untern und in den obern Theilen des Drahtes entgegengesetzt bewegt, so würde ohne diese Vorsicht die durch erstere auf den beweglichen Leiter ausgeübte Wirkung der durch letztere hervorgebrachten schaden; diesem Uebelstande begegnet man dadurch, daß man den Theil der Drähte unter dem Tische fast bis zur Erde herabführt.

11. Läßt man, anstatt einen andern Theil des Leiters, der die beiden Enden der Säule verbindet, auf seinen beweglichen Theil wirken zu lassen, die Säule selbst darauf wirken, — indem man sie z. B. unter den beweglichen Leiter stellt, — so findet man, daß sie ihn in eine solche Lage bringt, wo der Strom in seinem untern Theile von dem Kupferende der Säule nach dem

Zinkende derselben gerichtet ist: dieses beweist, daß in der Säule ein Strom von dem ersten dieser Enden nach dem zweiten, d. h. in der Richtung von C nach Z geht (Fig. 1), wie wir schon oben angegeben haben, während derselbe Versuch mit dem leitenden Drahte ZAC angestellt einen Strom verräth, welcher von dem das Zinkende der Säule berührenden Theile des Drahtes nach dem mit ihrem Kupferende communicirenden Theile desselben gerichtet ist, ebenfalls unserer obigen Angabe gemäß.

12. Die Wirkung eines Leiters AB (Fig. 7), der in eine gekrümmte Linie gebogen ist, welche sich nur wenig von der geraden entfernt, ist der eines geradlinigen Leiters GH gleich, wenn man beide aus gleicher Entfernung auf einen beweglichen Leiter wirken läßt: dieß wird leicht bestätigt, wenn man den Kreis durch den Leiter VABZ, der von dem positiven Ende der Säule herkommt, und durch den Draht CDEFGHIKLMR, der zu ihrem negativen Ende geht, herstellt; man findet alsdann, daß der Theil cd des beweglichen Leiters (Fig. 4) in welchem der Strom abwärts geht, von beiden Seiten durch die Ströme AB und GH (Fig. 7), welche aufwärts steigen, abgestoßen wird, und da der bewegliche Draht sich in der Mitte des Zwischenraums, welcher die beiden Ströme trennt, fixirt, so ist ihre Wirkung auf ihn offenbar gleich. Ferner sieht man, daß der bewegliche Draht in dieser Zwischenlage sich im Gleichgewicht befindet, denn brächte man ihn aus derselben, so würde die abstoßende Wirkung des Leiters, nach welchem man ihn hinbewegt hätte, größer geworden seyn, während

die des entgegengesetzten vermindert wäre, und er würde also seine anfängliche Lage wieder einzunehmen suchen. Anders würde es sich verhalten, wenn die Verbindungen so gemacht wären, daß der Strom in dem Leiter cd (Fig. 4) aufwärts stiege, wie in AB und GH der 7ten Figur (was leicht zu bewerkstelligen ist, indem man die in die Schalen C und Z getauchten Drähte verwechselt); in diesem Fall würde er von beiden Seiten angezogen werden, und so wie er sich nur ein wenig aus seiner Mittellage, in welcher das Gleichgewicht Statt findet, entfernte, würde die Wirkung des Leiters, dem er sich näherte, größer werden, und er würde sich nach demselben hinbegeben und daran haften bleiben — wie dieß auch die Erfahrung bestätigt.

Man kann an dem Apparate in Fig. 7 bemerken, daß, um die Wirkung anderer Portionen des Leiters als AB und GH zu vermeiden, als durch welche die Wirkung dieser gestört werden könnte, alle jene zum Versuch nicht gehörige Stücke so angebracht sind, daß ihr Effect neutralisirt oder aufgewogen werde, indem 1) der bewegliche Draht in einem großen Abstande und gleich weit entfernt von den correspondirenden Theilen der verschiedenen Portionen des leitenden Drahtes, wie EF, KL, geführt wurde; 2) durch den Gegensatz der Wirkung zweier Ströme, die, da sie einander sehr nahe sind, ihre entgegengesetzten Wirkungen wechselseitig neutralisiren, wie der Strom von B nach Z und der von C nach D, oder auch die Ströme von V nach A und von M nach R; 3) dadurch, daß die Ströme der Drähte DE, IK z. B. (abgesehen davon, daß sie auf den beweglichen

Leiter Wirkungen äußern würden, welche sich gegenseitig vernichteten), senkrecht auf der Ebene des beweglichen Leiters sind.

13. Ein analoger Versuch läßt sich vermittelst eines einzigen Leiters VABR (Fig. 8) anstellen, den man auf den Draht cd des beweglichen Leiters in Fig. 4 wirken läßt. In dem Drahte VABR kommt der Strom von dem positiven Ende der Säule nach V, durchläuft innerlich und in gerader Linie die Glasröhre AB von A nach B, und kehrt äußerlich von B durch die Schraube BAR zurück, die mit dem negativen Pole in Verbindung ist. Diese Schraube thut hier ganz dieselbe Wirkung, wie der gekrümmte Leiter im vorhergehenden Versuch. Bringt man diesen Leiter VABR in die Nähe von cd (Fig. 4), und in eine diesem letztern parallele Lage, so findet kein wahrnehmbarer Effect Statt, weil die Wirkungen der beiden entgegengesetzten Ströme, des geradlinigen Theils, und des schraubenförmig gewundenen Theils des Leiters VABR, sich compensiren.

Diese Einrichtung ist sehr bequem, um den electrischen Strom herbei und hinweg zu leiten, ohne daß man die Wirkung zu fürchten hätte, welche die Ströme der die Electricität hin und her führenden Drähte hervorbringen könnten. Sehr gut wendet man auch zu demselben Zweck mit Seide überzogene Kupferdrähte an. Zwei solche Drähte, zusammengedreht, sind durch die sie bedeckende Seide hinlänglich isolirt, und ihre große Nähe macht, daß ihre entgegengesetzten Wirkungen sich vollkommen neutralisiren.

14. Es seyen AB, CD, Fig. 9, zwei electrische Ströme, die auf einander wirken, so ist offenbar, daß alle Theile des Stromes AB die des Stromes CD anziehen oder abstoßen, Gesetzen gemäß, welche auf der absoluten und relativen Richtung der Ströme, und auf der Entfernung der auf einander wirkenden Theile von einander, beruhen.

Ist das Gesetz für diese Anziehungen zwischen zwei sehr kleinen Theilchen electrischer Ströme einmal bekannt, so wird man durch Rechnung den Effect bestimmen können, welchen die wechselseitige Wirkung aller Theile des einen Leiters auf alle Theile des andern hervorbringen muß. Die Frage ist sonach darauf zurückgebracht: welche Wirkung üben zwei kleine Portionen zweier Ströme in Verhältniß ihrer absoluten und relativen Richtung, und der Entfernung die zwischen ihnen ist, auf einander aus? die Beantwortung dieser Frage enthält das Gesetz, welches aus der Gesammtheit der Versuche hervorgeht.

15. Es sey m m′ eine kleine Portion des Stromes AB, welche auf die kleine Portion n n′ des Stromes CD wirkt, und m n der Abstand beider, so ist, was erstens die absolute Richtung der Ströme in diesen Theilen anlangt, leicht zu beweisen, daß, wenn alles dasselbe bleibt, und man kehrt die absolute Richtung eines der Ströme, z. B. desjenigen des Leiters AB um, ohne sonst etwas in der Lage dieses Leiters zu verändern, die Wirkung der Portion m m′ die entgegengesetzte werden wird von der, welche sie vorher war. Was ferner die Art und Weise betrifft, wie der Abstand m n seinen Einfluß auf die Wechselwirkung von m m′ und n n′ äußert, so ist

diese Wirkung im umgekehrten Verhältniß des Quadrats von mn, wozu uns späterhin die sehr genauen Versuche Biots über diesen Gegenstand den Beweis liefern werden; es bleibt uns also noch zu betrachten übrig, wie hängt die Wirkung von den relativen Richtungen mm', nn' der Ströme ab.

16. Sehen wir zuvörderst nach, was für zwei kleine Portionen von Strömen gilt, wenn diese in einer und derselben Ebene liegen: es seyen mm', nn' (Fig. 10) diese beiden kleinen Portionen, deren wechselseitige Wirkungen wir betrachten wollen; in dem Falle, wo beide senkrecht auf der Linie mn sind, die ihre Mitten verbindet, weiß man, daß Anziehung Statt findet, wenn die Ströme, welchen jene Portionen angehören, eine und dieselbe absolute Richtung haben, wie mm', nn', und Abstoßung, wenn sie die entgegengesetzte haben, wie mm'' und nn'; in den Zwischenlagen findet Anziehung Statt, so lange die neue Richtung mm'' oder mm''' mit der von nn' noch auf eine und dieselbe Seite der Linie mn fällt, d. h. so lange der Winkel m'' mn größer als Null, oder der Winkel m''' mn kleiner als zwei Rechte ist. Nur in dem Maße, in dem der Winkel m'' mn ab-, oder m''' mn zunimmt, oder mit andern Worten, in dem Maße in dem die neue Richtung mm'' oder mm''' sich weiter von mm', als in welcher letztern das Maximum von Attraction Statt findet, entfernt, und sich der Linie mn nähert, wird die Wirkung dieser Portion des Stromes auf die Portion nn' schwächer; und wenn mm'' oder mm''' die Lage mp oder mq annehmen, wo dann ihre Richtung durch den Punkt n gehen wird, ist ihre Wirkung = Null.

Fällt die Richtung des Stromes m m' auf die andere Seite der Linie m n, geht sie z. B. nach m m'', m m''', m m''', so sind die Wirkungen denen, welche Statt fanden als der Strom die vorige Richtung hatte, gleich und entgegengesetzt, denn m m''' z. B. ist m m'' direct entgegengesetzt und muß einen entgegengesetzten Effect hervorbringen. Eben so verhält es sich mit m m''' rücksichtlich m m''; so daß, wenn man von m m''' ausgeht, als wo das Maximum von Repulsion ist, die repulsive Wirkung in dem Maße abnimmt, als m m''', m m''', sich von m m''' entfernen, und ganz Null wird, wenn jene in die Richtungen m q, m p kommen, die mit der Linie m n zusammenfallen. Wenn man aber, anstatt nur die Richtung der Portion m m' zu verändern, zu gleicher Zeit auch die von n n' verändert, indem man auch diese gegen die Linie m n neigt, so wird die Wechselwirkung zwischen diesen beiden Portionen durch diese zwei Ursachen gleichzeitig geschwächt, und man sieht, daß im Allgemeinen zwei kleine Portionen electrischer Ströme, die in einer Ebene liegen, sich anziehn, sobald sie nach einer und derselben Seite der Linie, welche sie verbindet, gerichtet sind; daß sie sich im entgegengesetzten Falle abstoßen, und daß die Wirkung einer jeden derselben von dem Winkel abhängt, den ihre Richtung mit der sie verbindenden Linie macht, wobei diese Wirkung ihr Maximum erreicht, wenn der in Frage stehende Winkel ein rechter ist, und Null wird, wenn die Richtung dieser Portion des Stromes mit der Linie zusammenfällt, welche die beiden hier betrachteten Portionen mit einander verbindet.

17. Nehmen wir jetzt an, daß mm', nn' (Fig. 11) irgend eine beliebige Richtung im Raume haben, und legen wir durch nn' und die Linie mn die Ebene AmnB, welche die Ebene des Stromes nn' heiße, und durch mm' und dieselbe Linie mn eine andere Ebene CmnD, die die Ebene des Stromes mm' heißen soll. Stellt man sich zuvörderst die Ebene CmnD als mit der Ebene AmnB zusammenfallend vor, so wird zwischen mm' und nn' eine Attraction Statt finden, deren Intensität von der größern oder kleinern Neigung jeder dieser Richtungen gegen mn abhängt. Dreht man nachher die Ebene des Stromes mm' um die unverrückte Linie mn, so wird immer noch Anziehung Statt finden, so lange der Winkel, welchen beide Ebenen bilden, kleiner als ein Rechter ist. So wie dieser Winkel ein rechter ist, ist die Wirkung = Null; jenseits desselben findet Repulsion Statt, welche zunimmt, bis der Winkel beider Ebenen zwei Rechten gleich ist, wodurch mm' mit nn' wieder in eine Ebene kommt, aber nach der entgegengesetzten Seite, nach mm'' (Fig. 10) gerichtet ist, und uns das Maximum von Repulsion gibt, das mm', nn', ihrer Neigung gegen die Linie mn gemäß, zulassen, so wie wir das Maximum ihrer Attraction hatten, als der Winkel beider Ebenen = Null war, d. h. als sie zusammenfielen.

Setzte man die Bewegung der Ebene CmnD fort, so würde die Richtung mm' unter die Ebene AmnB gelangen; da nun die Lagen, welche mm' alsdann annehmen würde, stets ähnlichen Lagen, welche mm' vorher über der Ebene AmnB einnahm, entgegengesetzt

seyn würden, und da in dieser entgegengesetzten Richtung diese Portion des Stromes entgegengesetzte Effecte hervorbringen muß, so ist klar, daß wenn man die Ebene CmnD, von derjenigen Lage derselben ausgehend wo das Maximum von Repulsion Statt fand, zu drehen fortfährt, von der eben genannten Lage an immer noch Repulsion Statt finden wird, bis die Ebene so weit herabgedrückt ist, daß sie mit AmnB wiederum einen rechten Winkel macht; in dieser letztern Lage wird die Wirkung zum zweitenmal Null, und verwandelt sich bei weiterm Fortdrehen von hier an wieder in Anziehung, welche, wenn die Ebene CmnD von neuem mit AmnB zusammenfällt, also nachdem sie einen ganzen Kreis beschrieben hat, ihr Maximum zwischen m m' und n n' wieder erreicht.

Die Beschaffenheit der Wirkung, welche zwischen zwei Portionen mm', nn', electrischer Ströme Statt findet, hängt sonach von dem Winkel ab, den ihre Ebenen machen, so daß, wenn wir für alle beide diese Ebenen von der Seite der Linie mn betrachten, nach der die Ströme gerichtet sind, und den Winkel den sie machen, von der Seite wo er kleiner als zwei Rechte ist, Anziehung Statt findet, so lange dieser Winkel kleiner als ein rechter ist, keine Wirkung, wenn er einem rechten gleich ist, und Abstoßung, sobald er diesen Werth überschreitet; und ist er Null oder zwei Rechten gleich, so erhält man das Maximum von Attraction oder Repulsion.

Effecte, welche die Wirkung der Erdkugel auf die electrischen Ströme ausübt.

18. Die Erdkugel wirkt, wie schon gesagt, darauf hin, den beweglichen Strömen eine Richtung zu geben. Hängt man stets auf dieselbe Weise an dem in Fig. 3. vorgestellten Apparate einen einfachen beweglichen Leiter auf, der wie in Fig. 3 rechtwinklig, oder wie in Fig. 6 kreisförmig gebogen ist, ohne daß in der Nähe dieses Leiters eine andere Portion des Kreises sich befinde, und stellt man hierauf in demselben den electrischen Strom mit Hülfe der beiden Schalen C und Z her, so sieht man ihn sich drehen, bis seine Ebene auf dem magnetischen Meridian senkrecht ist. Um sich davon zu überzeugen, lege man unter den Mittelpunkt der Bewegung des Leiters eine Pappescheibe, auf welche zwei sich unter rechten Winkeln schneidende Linien EO, NS gezeichnet sind, deren Durchschnittspunkt P senkrecht unter der als Zapfen dienenden Spitze A sich befindet; hat man zuvor vermittelst einer Magnetnadel diese Linien so gestellt, daß NS die Richtung dieser Nadel und N ihr nach Nord weisendes Ende bedeutet, so wird man den beweglichen Draht sich drehen sehn, bis die Linie FG der EO parallel und der Strom in dem untern Theile des Leiters, also in FG, von Ost nach West gerichtet ist. In dieser Lage wird sich der bewegliche Leiter nach einigen Schwingungen beständig fixiren, und bringt man ihn in diese Lage, jedoch mit umgekehrter Richtung seines Stromes, so wird er sich um einen Halbkreis zurückdrehen, um

nach mehrern Schwingungen die eben angegebene Lage einzunehmen.

Halten wir dieses Resultat mit dem im 9. Art. beschriebenen Versuch zusammen, so sehen wir, daß der bewegliche Leiter in diesem Falle so gerichtet wird, wie ihn electrische Ströme richten würden, die in der Erde Statt fänden, und die von Ost nach West gingen und auf dem magnetischen Meridian senkrecht wären.

19. Auch ein der Neigung der Magnetnadel analoger Effect bietet sich uns dar; man richtet sich zu dem Ende einen Leiter ABCDEF (Fig. 12) ein, in welchem der Strom durch VS und durch den stählernen Zapfen K ankommt, welcher auf einer metallnen Platte N ruht, den Rectangel ABCDEF durchläuft, und durch die Röhre XY, die dem Apparat als Axe dient, nach einem andern auf der Platte M ruhenden und durch den Draht QR mit dem negativen Pole der Säule in Verbindung stehenden Zapfen G gelangt. Ein sehr leichtes hölzernes geschobenes Viereck ZIV, das an der Axe XY befestigt ist, unterstützt den beweglichen Rectangel und dient zu verhindern, daß er sich nicht biege. So wie der Kreis geschlossen wird, geräth der Apparat in Bewegung und neigt sich; doch muß man vorher dafür gesorgt haben, daß die Axe XY horizontal und auf den magnetischen Meridian senkrecht gestellt sey, damit die Wirkung der Erde ganz allein darauf beschränkt werde, die Ebene des Leiters um diese Axe zu drehen, und daß die verschiedenen Theile dieses Leiters zu beiden Seiten der Axe gut im Gleichgewicht seyen, damit die Schwere in keiner Lage, die man ihm geben will, Einfluß auf ihn

habe. Bei Beobachtung dieser Vorsichtsregeln, so wie der, die den Apparat tragenden Platten mit etwas Quecksilber zu versehn, um die Communication durch die stählernen Zapfen besser herzustellen, bemerkt man, daß der Leiter, welche Lage man ihm auch gebe, nur in derjenigen zur Ruhe kommt, wo seine Ebene auf der bekannten Richtung der magnetischen Neigung senkrecht steht, und sich der Theil BC, in welchem wir den Strom als von B nach C gehend und von Ost nach West gerichtet voraussetzen, bei hergestelltem Gleichgewicht des Apparates südlich von der Axe FO, und unter der Horizontalebene derselben, befindet. In jeder andern Lage geräth der Leiter in Bewegung, um sich in diese zu versetzen, und endlich nach einigen Schwingungen in derselben zu fixiren.

Rufen wir uns die Art und Weise, wie parallele electrische Ströme wirken, ins Gedächtniß zurück, so sehen wir, daß dieser Effect durch die nämliche Hypothese von electrischen Strömen, die in der Erde von Ost nach West gerichtet und auf dem magnetischen Meridian senkrecht sind, sich erklären läßt, wenn wir noch annehmen, daß diese Ströme im Allgemeinen gegen Mittag von dem Orte liegen, wo der Versuch angestellt wird; denn dann müssen sie den Theil BC zu sich hinziehen, in welchem der Strom gleichfalls von Ost nach West geht, DE aber, wo er die entgegengesetzte Richtung hat, abstoßen und folglich den Leiter so neigen, wie wir eben gezeigt haben, daß derselbe sich wirklich neigt.

Man kann diese beiden Effecte, welche die Wirkung der Erdkugel auf die electrischen Ströme hervorbringt,

dem Gedächtniß leicht einprägen, wenn man sich merkt, daß die Ebene des beweglichen Leiters in beiden Fällen so gerichtet ist, daß sie die Lage einer auf der die beiden Pole der Magnetnadel verbindenden Linie senkrechten Ebene einnimmt.

Wechselwirkung der electrischen Ströme und der Magnete.

20. Stellt man einen leitenden Draht einer gewöhnlichen Magnetnadel parallel, d. h. horizontal und in die Richtung des magnetischen Meridians, so bemerkt man, wenn der Strom von Süd nach Nord geht, folgende Phänomene;

1) Befindet sich der Draht über der Nadel, so wird der Südpol (das nach dem Nordpol der Erde gerichtete Ende) derselben aus der durch die Erde ihm gegebenen Lage gebracht und nach West getrieben; 2) befindet sich der Draht unter der Nadel, so wird derselbe Pol nach Ost getrieben; 3) befindet sich der Draht mit der Nadel in gleicher Höhe und östlich, so findet keine Abweichung Statt, aber die Nadel neigt sich in einer verticalen Ebene und ihr Südpol geht alsdann in die Höhe, und ist 4) der Draht in gleicher Höhe mit der Nadel, aber westlich, so neigt sich die Nadel zwar wieder, aber der Südpol wird herabgedrückt.

Ist der Strom von Nord nach Süd gerichtet, so sind alle Abweichungen der Nadel den eben angegebenen entgegengesetzt.

Wir verdanken die Entdeckung dieser Thatsachen dem Prof. Oersted, der sie 1820 bekannt machte. Seine Ab-

handlung enthält auch noch einige andere Beobachtungen, von welchen wir in der Folge sprechen werden. Zuvor müssen wir die Resultate der Ampèreschen Arbeit über diese Wirkungsart bekannt machen, weil diese, unmittelbar nach Oersteds Entdeckung unternommen, die von letzterm beobachteten Thatsachen von manchen Nebenumständen befreit, die die Gesetze derselben verwickelt machten, sie generalisirt und auf die Theorie, welche wir gegeben haben, zurückführt.

21. In dem Oerstedschen Versuche kann man den Strom des leitenden Drahtes durch den der Säule unmittelbar ersetzen, wenn man diese so stellt, daß der Strom in ihr die nämliche Richtung hat, wie vorher in dem Drahte; und stellt man von zwei Nadeln die eine über die Säule CZ (Fig. 1), die andere über den Draht ZAC und zwar über den der Säule parallelen Theil A desselben (nachdem man die Säule und diesen Theil des Drahtes nach dem magnetischen Meridian gerichtet hat), so sieht man beide Nadeln entgegengesetzte Abweichungen erleiden, wenn man den Kreis schließt, weil der Strom unter ihnen nach entgegengesetzten Richtungen läuft. Dieser Versuch ist dem analog, wo wir anstatt des Stroms eines leitenden Drahtes ebenfalls den der Säule auf einen beweglichen Leiter wirken ließen.

22. Wenn nun aber eine Nadel auf diese Weise durch die Wirkung des electrischen Stromes aus der Richtung abgelenkt wird, die sie von Natur einnimmt, so muß man vermuthen, daß die richtende Kraft der Erde mit der aus der Wirkung des electrischen Stroms hervorgehenden Kraft sich ausgleicht, so daß in der Lage,

wo sich die Nadel unter dem Einfluß des leitenden Drahtes fixirt, Gleichgewicht zwischen der Wirkung der Erde, welche die Nadel in den magnetischen Meridian zurückzuführen strebt, und zwischen der dieses Drahtes, welche sie demselben zu entrücken sucht, Statt finde; in dem Maße als die Säule schwächer wird, wird diese Abweichung kleiner. Eine Magnetnadel, über die vorher in die Richtung des magnetischen Meridians gebrachte Säule gestellt, würde also ein Mittel abgeben, jeden Augenblick die Kraft des Stromes in dieser Säule kennen zu lernen, und würde folglich ein Galvanometer seyn, dessen Anzeigen sich auf den Strom selbst bezögen und das um so nützlicher wäre, als sich in diesem Zustande, wo der Kreis geschlossen ist und die gewöhnlichen Electrometer unaffizirt bleiben, die chemischen und physiologischen Phänomene, so wie die Phänomene von Wärme und Licht, offenbaren.

23. Bemerken wir jetzt, daß die verschiedenen Effecte, welche in den Oerstedschen Versuchen der electrische Strom hervorbringt, wenn er sich über oder unter, östlich oder westlich von der Nadel befindet, sich auf eine einzige Thatsache reduciren lassen, wenn man sie auf die Ursache bezieht von der sie abhängen, d. h. auf die Lage des Stromes zu der Nadel. Um sich eine klare Idee von dieser Lage zu machen, und die Richtung des Stromes in Bezug auf die Nadel zu bestimmen, stelle man sich einen Beobachter so in den Strom gestellt vor, daß der Strom von seinen Füßen nach seinem Kopfe gerichtet und sein Gesicht der Nadel zugekehrt sey; man sieht alsdann, daß in allen hier oben aufgeführten Versuchen der

Südpol der Magnetnadel zur Linken des so gestellten Beobachters abgelenkt wird. Denn da im ersten, wo der Strom über der Nadel sich befindet, der Beobachter seine Füße südlich, seinen Kopf nördlich hat, und die Nadel ansieht, so hat er seine Linke westlich, nach welcher Seite auch wirklich der Südpol abgestoßen wird; im zweiten, wo der Draht unten ist, hat derselbe Beobachter — das Gesicht immer der Nadel zugekehrt — seine Linke östlich, und nach Ost bewegt sich in der That derselbe Pol; im dritten befindet sich der Strom auf der Ostseite der Nadel, und der die in gleicher Höhe mit ihm befindliche Nadel ansehende Beobachter hat seine Rechte unten, seine Linke oben, und der Südpol geht in die Höhe; im vierten Versuche ist die Linke des Beobachters unten, und der Südpol der Nadel wird herabgedrückt; und wenn man endlich die Richtung des Stromes umkehrt, so kehrt man damit auch die Lage des Beobachters um, und da die Richtung von seinen Füßen nach seinem Kopfe nun die entgegengesetzte ist, so wird auch die Stellung seiner Linken die entgegengesetzte seyn, und man wird der nämlichen Regel gemäß entgegengesetzte Abweichungen erhalten, wie die Erfahrung sie auch gibt.

Da nun auf diese Weise die Stellung des Beobachters im Strome — das Gesicht desselben der Nadel zugekehrt, und die Richtung von seinen Füßen nach seinem Kopfe die des Stromes selbst, — vollkommen bestimmt ist, und dazu dient, alle Umstände der Lage eines electrischen Stromes in Bezug auf einen Magnet genau zu definiren, ohne auf ihre absolute Lage im Raume Rücksicht nehmen zu müssen, so kann man der Kürze wegen,

wenn es sich um diese relative Lage handelt, die Linke und Rechte des Stromes die Linke und Rechte des so gestellten Beobachters nennen, wie wir dieß eben angegeben haben; und nach dieser Uebereinkunft werden wir die Regel, auf welche sich die Oerstedschen Versuche zurückbringen lassen, so ausdrücken, daß wir sagen, der der Wirkung des electrischen Stromes ausgesetzte Südpol der Nadel wird stets nach der Linken von diesem Strome abgelenkt. Den Grund dieser Erscheinung werden wir bald finden, indem wir sie auf die sehr einfache Thatsache zurückführen, daß zwei auf einander wirkende electrische Ströme sich wechselseitig zu richten streben.

24. Es wäre unmöglich genau zu bestimmen, in welche Lage ein electrischer Strom die Magnetnadel, auf die er wirkt, zu bringen strebt, wenn man nicht diese Wirkung von der der Erde unabhängig machte, um die Effecte des Leiters allein zu beobachten. Dieß erreicht man, indem man eine der Neigungsnadel ähnliche Nadel so aufhängt, daß die Erde keine richtende Wirkung auf sie ausüben kann. So ist z. B. die Nadel des in Fig. 13 dargestellten Instrumentes beschaffen, das vermittelst der beiden Schrauben E und F der die Nadel AB tragenden Axe D jede mögliche Richtung zu geben verstattet, indem die eine dient, sie um eine senkrechte Axe zu drehen, die andere, sie nach Belieben zu neigen; ein Kreis LMN, der an die beiden kupfernen Leisten, welche diese Axe halten, befestigt und in Grade eingetheilt ist, dient die Abweichung zu messen, welche die Nadel durch die Wirkung des leitenden Drahtes erfährt; die Träger GH und IK, die aus einer isolirenden Substanz wie Elfen-

bein bestehen, sind bestimmt den Draht über der Nadel in einer beliebigen Entfernung zu fixiren, indem man ihn durch Löcher führt, die von Strecke zu Strecke gebohrt sind. Bringt man die Axe CD in die Richtung, welche die Neigungsnadel an dem Orte annimmt, wo man sich befindet, so kann sich die Nadel des Instrumentes nur in einer Ebene bewegen, die auf der Richtung senkrecht ist, welche die Erde ihr zu geben strebt, und folglich hat diese keine richtende Wirkung weiter auf sie. Daß man diese Bedingung erfüllt habe, davon kann man sich leicht überzeugen, indem man nachsieht, ob die Nadel in jeder ihr gegebenen Lage unbewegt bleibt.

Mit Hülfe dieses Apparates sieht man leicht, daß der electrische Strom, wenn er allein wirkt, die Magnetnadel in die Lage bringt, wo die Linie, die die beiden Pole derselben verbindet, senkrecht auf der Richtung des Stromes und ihr Südpol zur Linken des Stromes ist. Dieses ist die Lage, in welcher man die Magnetnadel beständig sich fixiren sieht. Sie bewegt sich anfangs wegen der erlangten Geschwindigkeit über sie hinaus, kommt dann in dieselbe zurück, überschreitet sie nochmals, und kommt endlich nach einer Anzahl von Schwingungen, die um so größer ist je beweglicher die Nadel, in ihr zur Ruhe; dieses Gesetz beobachtet man immer, ihre und des Stromes Richtung mochte im Anfange des Versuchs seyn welche sie wollte. Der Südpol der Nadel legt einen um so größern Weg zurück, um in die angegebene Lage zu gelangen, je weiter er anfänglich von derselben entfernt war; und wenn man daher den Leiter zwar senkrecht auf die Richtung der Nadel stellt, jedoch so, daß der Süd-

pol sich zur Rechten des Stromes befinde, so wird dieser Pol einen Halbkreis beschreiben, um sich zur Linken des Stromes zu fixiren, wo die Nadel wieder wie zu Anfang des Versuchs mit dem Leiter rechte Winkel macht.

25. Den nämlichen Versuch kann man auch vermittelst eines einfachern Apparates (Fig. 14) anstellen, in welchem die beiden Nadeln SN, S'N' an einem und demselben Zapfen befestigt sind, und deren gleichnamige Pole entgegengesetzte Richtungen haben, so daß die richtende Kraft der Erde auf die eine durch die entgegengesetzte Wirkung, die sie auf die andere hervorbringt, aufgehoben wird. Man versichert sich zu Anfange des Versuches davon, daß sie in allen ihnen gegebenen Richtungen unbeweglich bleiben. Der sie tragende Zapfen kann in eine der Schalen des Apparates Fig. 3 gehangen werden, die alsdann nur als Träger desselben dient. Befindet sich der leitende Draht unter der Nadel SN, oder über S'N', so müssen nothwendig die beiden Nadeln weit genug von einander entfernt seyn, damit die leitenden Drähte, welche man auf die eine wirken läßt, nicht zu stark entgegengesetzt auf die andere wirken. Da der Strom horizontal läuft, so sieht man in diesem Versuche eben so wohl als in dem vorhergehenden, die dem leitenden Drahte zunächst befindliche Nadel in der auf diesen Draht senkrechten Richtung sich fixiren, wobei ihr Südpol immer zur Linken des Stromes tritt. Befindet sich hingegen der Leiter zwischen den beiden Nadeln, so wirkt er auf alle beide auf gleiche Weise, und seine Wirkung ist um so energischer, je näher sie einander sind.

26. Läßt man umgekehrt einen Magnet auf einen beweglichen Leiter wirken, so findet man daß die Lage, in welcher dieser Leiter nach Schwingungen diesseits und jenseits derselben sich fixirt, die ist, wo seine Richtung mit der Linie der Pole des Magnets rechte Winkel macht, und daß der Südpol sich stets zur Linken des Stromes befindet. Es leuchtet übrigens von selbst ein, daß man hier einen Leiter nehmen muß, auf welchen die Erde keine richtende Wirkung weiter hat, dergleichen der in Art. 9 beschriebene einer ist. Den Magnet stellt man so, daß seine Mitte unter der Mitte des Theils fg (Fig. 5) des beweglichen Leiters sich befindet, und nachdem der Leiter sich fixirt hat, wird man immer finden, daß die Linie fg mit der Linie der Pole des Magnets rechte Winkel macht, und der Südpol des letztern zur Linken des Stromes ist.

27. Um die Ursache dieser Phänomene aufzufinden, zu denen wir jetzt das Gesetz haben, bemerken wir, daß die Magnetnadel durch die Erde so gerichtet wird, wie sie durch electrische Ströme gerichtet werden würde, die in der Erde gelegen und mit ihrer Richtung von Ost nach West auf dem magnetischen Meridian senkrecht wären; denn diese Ströme würden, da sie unter der Nadel liefen, nach dem was wir gesagt haben, den Südpol derselben nach Nord richten, wie die Erde dieß auch wirklich thut. Schon oben (Art. 18 u. 19) sind wir darauf geführt worden, die Wirkung der Erde auf die beweglichen Leiter mit der solcher Ströme zu vergleichen. Von welcher Natur also auch diese letztere Wirkung seyn mag, so kann man doch nicht zweifeln, daß sie mit

derjenigen, welche den Magneten ihre Richtung gibt, identisch sey; und es wird aus allem folgenden noch hervorgehn, daß sie von der Wirkung keinesweges verschieden ist, welche zwei electrische Ströme auf einander ausüben, und mit deren Effecten wir uns schon bekannt gemacht haben. Man hätte offenbar a priori bestimmen können, wie die Erde die Magnete richten müßte, hätte man nur die Wirkung der Erde auf die beweglichen Leiter, und die der Leiter auf die Magnete gekannt. Denn hätte man gewußt, daß der durch die Erde auf einen beweglichen Leiter hervorgebrachte Effect derselbe ist, wie der eines in der Erde von Ost nach West gehenden Stromes, so würde man alsbald gesehen haben, daß ein ähnlicher Strom die über ihm befindliche Nadel von Süd nach Nord richten müsse, und daß der Pol der Nadel, der in allen Versuchen sich zur Linken des Stromes begibt, eben der sey, welcher durch die Wirkung der Erde nordwärts gedreht werden muß.

Bemerken wir noch, daß die Magnete einem beweglichen Strom genau die Richtung geben, die ihm die Erde selbst gibt. Wir haben (Art. 18) in der That gesehn daß in der Lage, in welcher sich der bewegliche Strom, auf welchen die Erdkugel wirkt, fixirt, der Südpol der Erde sich zur Linken eines Beobachters befindet, der in der Richtung dieses Stromes, und sein Gesicht der Erde zugekehrt, Platz genommen hätte, weil in dieser Lage der Strom senkrecht auf dem magnetischen Meridian und von Ost nach West gerichtet ist. Die Lage, welche er dann einnimmt, ist also ganz dieselbe, die ihm

ein Magnet geben würde, dessen gleichnamige Pole wie die der Erde gelegen wären.

28. Zufolge der unbestreitbaren Analogie der gleichnamigen Pole der Erde und der der Magnete, und weil wir gesehen haben, daß sich der durch die Erde hervorgebrachte Effect, gleichviel ob auf einen beweglichen Leiter oder auf einen Magnet, mit dem eines von Ost nach West gerichteten electrischen Stromes vergleichen ließ, müssen wir von allen Erscheinungen, welche die Magnete darbieten, Rechenschaft geben können, wenn wir in ihnen eine derjenigen analoge Anordnung annehmen, welche in der Erde, wie wir gefunden haben, die beobachteten Phänomene hervorbringen konnte; mit einem Worte, wenn wir in Gedanken den Südpol eines Magnets an die Stelle des Südpols der Erde, und seinen Nordpol an die Stelle des Nordpols der Erde setzen, so müssen wir um die Axe dieses Magnets einen electrischen Strom annehmen, der von Ost nach West gerichtet ist.

Wir werden uns also in Fig. 15 auf der Oberfläche des Magnets AB eine unendliche Menge electrischer Ströme denken, die rings umher in den auf der Axe senkrechten Ebenen gelegen sind, und die Richtung der Pfeile haben; und denken wir uns nun den Nordpol B dieses Magnets an der Stelle des Nordpols der Erde, und seinen Südpol A an der Stelle des gleichnamigen Pols dieser, so würde für jeden auf dem Magnet genommenen Punkt P, N der Nord, S der Süd, E der Ost und O der West, und EO sonach die Richtung der Ströme an seiner obern Fläche seyn, wie alle Pfeile angeben.

Aber nicht nur an der Oberfläche des Magnets, sondern auch in seinem Innern muß man electrische Ströme annehmen, um von allen Erscheinungen Rechenschaft zu geben. Isoliren wir daher in Gedanken einen unendlich dünnen, und zwischen zwei auf die Axe des Magnets AB senkrechten Ebenen begriffenen Durchschnitt a b c d (Fig. 16), um die Anordnung der Ströme im Innern des Magnets leichter einzusehn. Nehmen wir nun an, daß in der Peripherie a b c d dieses Schnittes der nämliche electrische Zustand Statt finde, wie in einer Säule, deren beide Pole mit einander verbunden sind, — daß sich z. B. alle Molecüls von a nach b, von b nach c u. s. w. gegenseitig die positive E. entzögen um sie längs abcda, und die negative, um sie nach der entgegengesetzten Richtung zu führen, gerade so wie dieß in einer kreisförmigen Säule geschieht, deren beide Pole sich berühren, oder in einer gewöhnlichen, deren beide Pole durch einen Metalldraht mit einander verbunden sind, — so würde diese Anordnung einen der Ströme hervorbringen, welche sich an der Oberfläche des Magnets vorfinden. Unmittelbar darunter und zwischen denselben Ebenen denken wir uns dann eine andere Reihe von Molecüls a′ b′ c′ d′, die wie die vorigen einen geschlossenen Kreis bilden, und in dieser Reihe einen Strom nach derselben Richtung wie den vorigen, und dieß sofort bis in den Mittelpunkt des Durchschnittes. Da alle diese Ströme eine und dieselbe Richtung haben, so werden sie ihre Wirkungen vereinigen, und der ganze Magnet AB wird aus einer unendlichen Menge solcher Durchschnitte zusammengesetzt seyn, die so zu sagen seine Elemente sind.

29. Wenn die electrischen Ströme eines Magnets, die in geschlossenen Kurven um seine Axe herum gehn, auf andere diesem Magnet zur Seite befindliche Ströme wirken, so geschieht dieß nur kraft der Differenz der Wirkungen des Theils vom Magnet, welcher den Punkten, auf die er wirkt, nahe ist, und des entgegengesetzten Theils, in welchem die Ströme entgegengesetzt laufen; so z. B. würde die Wirkung des Schnittes abcd auf einen Punkt k eines electrischen Stroms die Differenz seyn, zwischen der Wirkung der Ströme ab, a'b' u. s. w. und der entgegengesetzten Wirkung der entgegengesetzt verlaufenden Ströme cd, c'd' u. s. w. Da aber diese immer aus größern Fernen wirken, so wird es um die Beschaffenheit jener Wirkung zu finden, in den gewöhnlichen Fällen hinreichen, die der Ströme in dem Theile des Magnets zu betrachten, welcher den Punkten, auf die man seine Wirkung wissen will, zunächst sich befindet.

30. Nach dieser Betrachtungsweise aller der Phänomene, welche die Magnete als rein electrische darbieten, unterscheiden sich Nord- und Südpol nur durch ihre verschiedene Lage in Bezug auf die die Axe des Magnets umgebenden Ströme. Diese Lage ist dieselbe, wie die der gleichnamigen Pole der Erde in Bezug auf die Ströme in der Erde. Nun gehen in dieser die Ströme von Ost nach West, und es hat also, wenn wir einen Beobachter in dieselbe stellen, wie wir ihn uns in den leitenden Draht gestellt dachten, dieser Beobachter die Füße in Ost, den Kopf in West, und sein Gesicht den äußern Puncten auf der Erdkugel zugekehrt, auf welche der Strom wirken soll. Er kehrt sonach den Rücken der Erd-

axe zu, und hat ihren Südpol zur Rechten, den Nordpol zu seiner Linken. Eben so verhält es sich mit den Magneten, wenn wir uns immer den in ihre Ströme gestellten Beobachter mit seinem Rücken der Axe zugekehrt denken, um das Gesicht den äußern Punkten zuzuwenden, auf welche diese Magnete wirken.

Wir werden also sagen, daß in den Magneten sowohl als in der Erdkugel der Südpol zur Rechten der Ströme sich befindet, welche wir darin annehmen.

Wenn wir demnach in dem Magnet AB (Fig. 15) die Richtung der Ströme als bekannt voraussetzen, so würde man sogleich sehn, daß der Südpol der Pol A ist, der sich zur Rechten der Ströme befindet, indem wir den Ausdruck „zur Rechten" in der von uns definirten Bedeutung nehmen.

Dieser einzige Unterschied in der Lage reicht hin, von den entgegengesetzten Effecten, welche die beiden Pole des Magnets hervorbringen, in allen den Fällen Rechenschaft zu geben, wo sie nicht auf gleiche Weise wirken.

31. Wir wollen hier nicht die Ursachen untersuchen, welche man in der Erde und in den Magneten der Entstehung der Ströme natürlicher Weise zu Grunde legen kann, auf welche wir so eben geführt worden sind; mögen jene seyn von welcher Art sie wollen, die Betrachtungen, welche uns diese Ströme als vorhanden anzunehmen bestimmten, beweisen, daß sie genau so wie die der leitenden Drähte wirken, mit deren Wirkungsart auf einander wir uns schon durch Versuche bekannt gemacht haben: jetzt wollen wir zeigen, wie man daraus die Erklärung aller Thatsachen herleiten kann, sowohl derer,

die schon vorher bekannt waren, als derer, auf deren Entdeckung diese Betrachtungen selbst führten.]

32. Bemerken wir zuvörderst, daß man daraus sogleich den Grund der im Art. 23 gefundenen Thatsachen darthun kann, daß nämlich die Magnete, wenn sie nicht durch die Erde gerichtet werden, mit den electrischen Strömen rechte Winkel machen, so daß ihr Südpol sich zur linken des Stromes befindet; denn wir haben (Art. 9) gesehn, daß wenn man einen unbeweglichen Strom auf einen andern, der sich frei um einen seiner Punkte bewegen kann, wirken läßt, daß dann, sagen wir, dieser letztere durch die Wechselwirkung beider in die Lage versetzt wird, wo er jenem parallel ist und dieselbe Richtung hat.

Lassen wir nun einen leitenden Draht auf einen Magnet wirken, der als eine Vereinigung der Ströme in geschlossenen Kurven, welche seine Axe umgeben, zu betrachten ist, so werden diese Ströme in dem Theile des Magnets, welcher dem leitenden Drahte am nächsten ist, sich in eine diesem Drahte parallele Lage zu setzen suchen, und zwar so, daß auch ihre Richtung der des Stromes im Drahte gleich ist; und da die Ströme des Magnets in Ebenen sich befinden, welche auf seiner Axe senkrecht sind, so wird auch diese Axe selbst mit dem leitenden Drahte rechte Winkel machen. Aber wir haben noch überdieß gesehn daß ein Beobachter, der in der Richtung der Ströme eines Magnets steht, d. h. so daß der Strom von seinen Füßen nach seinem Kopfe gehe und er das Gesicht dem leitenden Drahte zugekehrt habe, den Südpol zu seiner Rechten hat; dieser nämliche Pol wird als-

dann zur Linken des Beobachters seyn, wenn dieser in die Richtung des Stromes des Drahtes gestellt ist und den Magnet ansieht, wie die Erfahrung dieß auch bestätigt.

33. Ehe wir weiter gehn, ist es unerläßlich, aus dem weiter oben ausgesprochenen Satze, daß die Wirkung eines gekrümmten Leiters der eines geradlinigen gleich ist, wenn die Entfernungen, aus welchen beide wirken, einander gleich sind, — einige Folgerungen abzuleiten, die zum Verstehen dessen, was uns noch über diesen Gegenstand zu sagen übrig ist, nothwendig sind. Man kann daraus schließen, daß wenn man irgend einem Leiter ZmrnC (Fig. 20) einen andern ZmsnC substituirt, der sich von jenem nur in dem sehr kleinen Theile zwischen den Punkten m und n unterscheidet, beide durch diese beiden Leiter auf einen Punkt k irgend eines Stromes AB, oder vielmehr auf die kleine Portion gh dieses Stromes, deren Mitte in k ist, ausgeübte Wirkungen gleich seyn werden; hieraus folgt, daß die Wirkungen der beiden kleinen Portionen mrn, msn, durch welche allein sie differiren, es auch seyn werden, und daß man stets annehmen kann, daß einer kleinen, zwischen zwei unendlich nahen Punkten begriffenen Portion eines electrischen Stromes eine andere, auf irgend eine Weise geknickte oder gekrümmte, Portion substituirt werden könne, ohne daß die Wirkung verändert würde, so lange wenigstens, als die neue Portion sich nicht um eine endliche Weite von der erstern entfernt; denn wenn dieß geschähe, wie in dem Falle, wo man z. B. an die Stelle von mrn die Portion mtn setzte, die um eine endliche Entfernung

davon absteht, würde wegen der veränderten Entfernung des Punktes k von diesem Theile mtn des Leiters auch die Wirkung verändert seyn.

34. Man sieht hieraus, daß man an die Stelle einer unendlich kleinen, geradlinigen, oder für geradlinig genommenen, Portion mn die Vereinigung drei kleiner geradliniger Portionen mp, pq, qn setzen kann, die in beliebigen Richtungen genommen sind, diese Verwandlung ist sehr bequem für die Berechnung der Wirkung eines krummlinigen Stromes, weil sie dient die Wirkung der Differentiale des Bogens, welchen er beschreibt, durch die der Vereinigung der drei Differentialen der Coordinaten auszudrücken; doch da wir nicht die Absicht haben, diese Rechnung hier zu führen, so schließen wir daraus nur, daß die beiden kleinen Strom-Portionen mn, pq, (Fig. 21) die zwischen den Linien kC, kD liegen, welche durch die Mitte k der kleinen Portion gh eines dritten Stromes gehn, auf gh gleiche Wirkungen ausüben, wenn sie gleichweit von dem Punkte k entfernt sind. Und in der That ist, nach dem was wir eben gesehn haben, die Wirkung von mn der der geknickten Linie mpqn gleich, von welcher die zwei Theile mp, qn, keine Wirkung auf gh äußern, weil sie (Art. 16) die Richtung der Geraden haben, die durch den Punkt k gehen: es bleibt also nichts übrig, als die Wirkung von pq = der von mn.

35. Hieraus folgt, daß zwei Portionen electrischer Ströme von gleicher Intensität, wie rs und mn, die in der Ebene CkD liegen und von den Geraden kC, kD

begränzt werden, Wirkungen auf gh ausüben, welche in umgekehrtem Verhältniß der Entfernungen kr, km sind; denn an die Stelle von mn kann man die pq setzen, die der rs parallel ist und deren Wirkung dieselbe seyn wird wie die von mn; nun verhält sich die Wirkung von rs zu der von pq wie $\frac{rs}{kr^2} : \frac{pq}{kp^2}$ weil rs : pq = kr : kp; dieses Verhältniß reducirt sich aber auf das von $\frac{1}{kr} : \frac{1}{kp}$, und da kp und km nur um eine unendlich kleine Größe differiren, so hat man die Wirkung von rs zu der von mn = km : kr.

36. Betrachten wir jetzt zwei unendlich kleine Portionen CDEF, cdef, (Fig. 22.) zweier Oberflächen, welche von Ebenen begränzt sind, die durch die Mitte k von gh gehen, oder von einer conischen Oberfläche, deren Gipfel in k ist; und nehmen wir an, daß diese Oberflächen mit gleich intensiven und gleich weit von einander entfernten electrischen Strömen bedeckt sind, so daß die Richtungen der Ströme in einer der beiden Portionen die Projectionen der Richtungen der in der andern auf die erstere Oberfläche seyen, wenn man den Mittelpunkt der Projection in k setzt, so werden wir leicht einsehn daß, da jeder Strom einer der unendlich kleinen Oberflächen CDEF, cdef, eine Wirkung ausübt, die zu der des correspondirenden Stromes der andern Oberfläche im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen dieser Oberflächen vom Punkte k steht, und da die Anzahl der Ströme jeder Oberfläche in geradem Verhältniß derselben Entfernungen ist, die Totalwirkung die nämliche seyn

muß: dergestalt daß, wenn die Ströme der beiden kleinen Oberflächen die nämliche Richtung haben, der Effect, den sie auf gh hervorbringen werden, auch der nämliche seyn wird; daß, wenn sie entgegengesetzte Richtungen haben, die Effecte sich zwar noch gleich, aber entgegengesetzt seyn werden; und daß, wenn sie im letztern Falle zu gleicher Zeit Statt finden, sie sich wechselseitig aufheben werden. Dieselbe Gleichheit der Wirkung auf gh findet selbst dann Statt, wenn die beiden Oberflächen eine endliche Größe haben, indem wir sie stets als von einer pyramidalen oder conischen Oberfläche begränzt annehmen, deren Gipfel in k sey; denn da jedes Element der einen die nämliche Wirkung ausübt, wie das correspondirende Element der andern, und in derselben Richtung, so erhält man für jede dieser beiden Oberflächen das nämliche Resultat.

37. Diese Eigenschaft der Oberflächen, welche mit electrischen Strömen von gleicher Intensität bedeckt sind, ist den bekannten Eigenschaften der in allen ihren Punkten gleichmäßig erwärmten oder erleuchteten Oberflächen analog, die, wie man weiß, denselben Effect auf einen gegebenen Punkt hervorbringen, ihre Ausdehnung und Gestalt mag seyn welche sie wolle, sobald sie innerhalb der erzeugenden Linien einer und derselben conischen Oberfläche fallen, deren Gipfel in diesem Punkte liegt, oder mit andern Worten, sobald sie von diesem Punkte ausgesehen beide dieselbe Projection auf eine unendliche Kugelfläche haben, von welcher der gegebene Punkt der Mittelpunkt ist. Allein für die electrischen Ströme ist eine Bedingung mehr vorhanden, die nämlich, daß die Ströme,

welche die Oberflächen bedecken, so angeordnet seyen, daß wenn MN die Richtung des Stromes in der Oberfläche CDEF ist, mn die Richtung des Stromes in der Oberfläche cdef sey, sonst würde die Wirkung der Ströme von cdef auf gh eine andere seyn, als in der Hypothese, wo ihre Richtung mn war, und es würde keine Gleichheit der Wirkung zwischen den beiden Oberflächen mehr Statt finden.

38. Die Anwendung, welche man von dieser Analogie auf die allgemeinen Eigenschaften der Magnete machen kann, verdient untersucht zu werden, weil sie ein starkes Licht auf die verschiedenen Umstände ihrer Wirkung wirft, wenn man die Ströme der entgegengesetzten Oberflächen eines Magnets betrachtet, wie wir so eben die der Oberflächen CDEF, cdef betrachtet haben; allein diese Anwendung ist nicht streng, weil die Ströme der entgegengesetzten Oberflächen eines Magnets nicht genau der Bedingung Genüge thun, daß MN die Projection von mn in Bezug auf den Punkt k sey; und deßhalb werden wir diese Betrachtungsweise nur anwenden, um daraus allgemeine Schlüsse auf die Effecte der Magnete zu ziehn. Bei der Untersuchung der besondern Thatsachen werden wir uns einer ganz strengen Beweismethode bedienen.

39. Denken wir uns also, in Uebereinstimmung mit dem was Art. 28 gesagt worden ist, den Magnet AB (Fig. 17) als zusammengesetzt aus vielen prismatischen, rechtwinkligen, ähnlichen Hüllen, die von der Oberfläche des Magnets an bis zur Axe in einander eingesteckt wären, und diese in allen ihren Punkten mit Strömen von gleicher Intensität bedeckt, welche die in der Figur angedeutete

Richtung hätten, und es sey P der Punkt, auf welchen wir die Wirkung dieser Hüllen betrachten wollen, wobei wir uns der Kürze wegen auf die äußere Hülle beschränken, welche von den vier Rectangeln CDEF, CDKG, HIKG und HIEF gebildet wird, da alle übrigen auf dieselbe Weise wirken und nur die Wirkung dieser verstärken.

Jeder kleinen Oberfläche abcd, die wir auf der vordern Fläche der Hülle und zwischen den Ebenen GHSR und KTUI, welche durch den Punkt P und die Linien HG und IK gelegt sind, nehmen, entspricht stets eine andere kleine Oberfläche a'b'c'd', deren Wirkung der der erstern gleich und entgegengesetzt ist, dergestalt daß die ganze Oberfläche GRTKIUSH, welche die Oberfläche eines abgestumpften Prisma ist, ohne Wirkung auf den Punkt P seyn wird; ferner, wenn man durch CG und den Punkt P die Ebene CMG legt, die CRFS in CM schneidet, so werden die Wirkungen der beiden Oberflächen CRM, CRG, welche zwischen drei durch den Punkt P und durch CR, CG, GH gelegten Ebenen begriffen sind, wechselseitig aufgehoben werden, und da man dasselbe von den Oberflächen FSN, FSH sagen kann, die ebenfalls zwischen drei durch den Punkt P gelegten Ebenen begriffen sind, so wird am Ende nichts übrig bleiben, um auf den Punkt P zu wirken, als das Trapez FCMN der Oberfläche des Magnets, und eine andere Portion DQLE derselben Oberfläche, die an dem andern Ende gelegen und auf dieselbe Weise bestimmt ist.

Man kann dem Punkte P, auf welchen so die Enden der Oberfläche des Magnets wirken, eine solche Lage geben, daß er von dem einen Ende eine Wirkung er-

fährt, die der, welche das andere Ende auf ihn ausübt, entgegengesetzt ist. Dieß findet Statt, wenn dieser Punkt außerhalb der den Magnet begränzenden Ebenen CGHF, DKIE, z. B. auf der Seite des Pols B gelegen ist; denn man sieht dann leicht, daß gegen das Ende A des Magnets hin nach geschehener Compensation eine Portion der Oberfläche CDEF übrig bleibt, um auf P zu wirken (eine Portion, die bestimmt wird, wie wir so eben DQLE bestimmt haben), während gegen das Ende B hin, nach analogen Compensationen, eine Portion der Oberfläche GKIH wirksam bleiben wird, deren Wirkung der der Portion, welche in der Oberfläche CDEF wirkt, entgegengesetzt seyn wird. Wenn der Punkt P in der Ebene CGHF ist, so ist die Wirkung des Endes B der Hülle = Null, und es bleibt nur die des Endes A übrig. Liegt derselbe Punkt außerhalb der den Magnet begränzenden Ebenen, so gleichen sich die beiden entgegengesetzten Wirkungen der Enden A und B unter einander aus, dergestalt daß es eine gewisse Lage des Punktes P gibt, wo diese beiden Wirkungen sich vollkommen aufheben, dann, nach Ueberschreitung dieser Gränze, gewinnt die Wirkung der nicht compensirten Portion der hintern Oberfläche gegen das Ende B hin das Uebergewicht über die Wirkung der nicht compensirten Portion der vordern Oberfläche am Ende A, und der Effect auf den Punkt P wird entgegengesetzt.

Was wir eben von der äußern Oberfläche des Magnets gesagt haben, gilt von allen ähnlichen Oberflächen, oder, um uns richtiger auszudrücken, von allen ähnlichen Hüllen von einer unendlich geringen Dicke, deren Ge-

sammtheit von der Oberfläche des Magnets an bis zu seiner Axe den ganzen Magnet bildet. Nach unserer Betrachtungsweise der innern Ströme des Magnets wird jede dieser Hüllen als in allen Punkten von Strom-Portionen bedeckt angesehen werden können, auf die sich alles, was wir eben gesagt haben, wird anwenden lassen.

Es ist also nun offenbar, daß, da die in Rede stehenden Compensationen für die unendlich kleinen Theile der entgegengesetzten Oberflächen Statt finden, die zwischen denselben Linien liegen, das nämliche Raisonnement sich auch auf alle Magnete wird anwenden lassen, ihre Form mag seyn welche sie wolle, und daß nur gegen ihre Pole hin, d. h. in den Punkten wo die Compensationen, von denen die Rede war, nicht mehr Statt finden, die Wirkung der Ströme sich äußern kann.

40. Die Wirkung eines Magnets auf einen Punkt P des Stromes eines leitenden Drahtes, oder auf einen Punkt der Ströme eines andern Magnets, rührt also von denjenigen Theilen der Hüllen, wie FCMN, DQLE her, deren Wirkung durch die einer andern Portion der Oberfläche nicht compensirt wird, und die gegen seine Enden hin liegen. Die Ströme, welche auf den Flächen CFHG und DEIK sich befinden, gehören zu denen der successiven Hüllen, in die wir uns den Magnet zerlegt gedacht haben, und man erhält also über diese ebenfalls Aufschluß, ohne daß man nöthig hätte, diese Flächen besonders zu betrachten.

41. Die Art. 29 gegebene Regel, nach welcher man die Wirkung des Magnets aus der der Ströme beurtheilen sollte, welche in der dem Punkte, auf den man

wirken will, zunächst gelegenen Oberfläche sich befinden, muß auf den Fall eingeschränkt werden, wo der Punkt zwischen den den Magnet begränzenden Ebenen CFGH und DEIK liegt, weil nach dem, was wir Art. 39 gefunden haben, wenn der Punkt P sich außerhalb des zwischen diesen beiden Ebenen begriffenen Raumes befindet, es geschehen kann, daß die Natur der auf den Punkt P ausgeübten Wirkung im Gegentheil durch die desjenigen Theils der Oberfläche des Magnets bestimmt werde, welcher am entferntesten davon ist.

42. Auch einer Schwierigkeit müssen wir begegnen, die in Betreff der Magnete eintreten könnte, welche, wenn sie nicht von auf ihrer Axe senkrechten Ebenen begränzt sind, sich der Zerlegung in Hüllen, von der Axe an bis zur Oberfläche in einander eingesteckt, nicht fügen zu wollen scheinen würden. Dieß würde z. B. der Fall mit einem Magnet von sehr unregelmäßiger Gestalt seyn, wo dickere Stellen neben andern dünneren lägen. Ohne die Frage über den Einfluß, welchen die Gestalt des Magnets auf die von ihm hervorgebrachten Effecte ausübt, — ein Einfluß, der sich nicht in Zweifel ziehen läßt — im Allgemeinen beantworten zu wollen, wollen wir hier nur den Fall untersuchen, wo ein Magnet sich an seinen beiden Enden mit Spitzen endigt, welche Form die der gewöhnlichen Magnetnadeln ist. Es scheint anfangs, als ob in einer solchen Nadel, deren Oberfläche sich bis zu den Spitzen fortsetzt, da die sichtbare Oberfläche des Punktes P, und die welche es nicht ist, durch eine ununterbrochene Linie getrennt sind, in welcher die beiden Enden des Magnets liegen, die Wirkungen dieser

beiden Oberflächen sich vollkommen aufheben müßten. Allein wenn wir die nämliche Zerlegungsart befolgen, deren wir uns für den Magnet AB (Fig. 17) bedient haben, so werden wir sehn, daß die verschiedenen prismatischen Hüllen, welche in einander stecken, gleichsam eingezogen sind, daß die, welche die Mitte der Nadel umgibt, durch diejenigen ihrer Ströme, welche sie nach der Gegend hin begränzen, wo ihre Dicke abzunehmen beginnt, ohne Compensation wirkt, und daß es sich mit allen übrigen, mehr nach innen gelegenen und bis zur Axe immer längern Hüllen eben so verhält. Das Resultat aller Wirkungen dieser Hüllen von ungleicher Länge wird die Wirkung des Magnets geben, und der Punkt der Axe, nach welchem sie gerichtet seyn wird, wird der Pol des Magnets seyn.

43. Wir wollen uns nicht länger bei diesen Betrachtungrn aufhalten, die, wie wir Art. 38 gezeigt haben, die unsern Gegenstand betreffenden Aufgaben nur durch Annäherung auflösen können. Die strenge Auflösung dieser Aufgaben würde Rechnungen erfordern, welche zu verwickelt sind, als daß sie hier Platz finden könnten, Rechnungen, welche sich auf den mathematischen Ausdruck der Wechselwirkung zwei unendlich kleiner Portionen electrischer Ströme gründen, wie sie sich aus dem, was wir Art. 16 und 33 gesagt haben, ableiten läßt.

44. Da die Wirkung einer kleinen Portion eines electrischen Stromes, welche zwischen zwei einander sehr nahen Punkten enthalten ist, sich gleich bleibt (Art 33), die Linie, nach welcher man den Strom zwischen diesen beiden Punkten richtet, mag gerade, krumm oder ge-

knickt seyn, so kann man daraus für die Zusammensetzung und Zerlegung der kleinen Portionen electrischer Ströme dieselben Regeln ziehn, wie für die Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte in der Statik. So wird man in Fig. 24. für die Wirkung einer sehr kleinen Portion Om eines Stromes die Wirkung drei anderer Ströme, Op, Oq, Or, setzen können, welche die Richtungen OX, OY, OZ haben, drei unter rechten Winkeln gegebenen Axen parallel, und an Länge den Linien Op, Oq, Or gleich sind, als den drei Kanten eines Parallelepipeds, dessen Diagonale Om ist. Um dieß zu beweisen, ersetzen wir den geraden Draht Om durch einen andern nach der Linie Opnm geknickten, der der Erfahrung zufolge den nämlichen Effect hervorbringt. Man sieht, daß dem Strome Om drei andere ebenfalls sehr kleine und an Länge den Seiten des angedeuteten Parallelepipeds gleiche Ströme substituirt worden sind. Zwar haben die Ströme Op, pn, nm nicht alle drei die Richtung der Parallelen selbst, welche zu den drei Axen durch den Punkt O geführt sind, allein die Entfernung zwischen nm und Or z. B. ist unendlich klein, und wird in Bezug zu der endlichen Entfernung der Punkte, auf welche der Strom wirkt, immer Null seyn. Eben so gut hätte man sich zum Behuf des Beweises den Draht nach Oqnm gebogen denken können, oder nach den vier übrigen Constructionen, die man in den Ebenen pOr, qOr, vornehmen kann.

Nach demselben Prinzip verfährt man bei der Zerlegung jeder Anzahl unendlich kleiner Portionen electrischer Ströme nach drei bestimmten Richtungen, was uns

dann das Mittel an die Hand gibt, sie zusammenzusetzen und die Analysis darauf anzuwenden, wie man dieß hinsichtlich der Kräfte, die in der Mechanik betrachtet werden, thut.

45. Man kann mit Hülfe des Vorhergehenden leicht den Grund von dem einsehen, was wir Art. 9 gesagt haben, daß nämlich, wenn man einen unbeweglichen Leiter auf einen beweglichen wirken läßt, dieser letztere sich in die Lage zu versetzen strebt, wo er dem erstern parallel ist und sein Strom mit jenem gleiche Richtung hat. Es sey AB (Fig. 25) der bewegliche Leiter, CD der unbewegliche, PQ ihr gemeinschaftlicher Perpendikel oder die Linie, die ihre kleinste Entfernung mißt. Nehmen wir zuvörderst an, daß die beiden Ströme AB, CD, in zwei unter einander rechtwinkligen Ebenen lägen, deren gemeinschaftliche Durchschnittlinie PQ wäre; dergestalt daß der Winkel der beiden Geraden AB, CD, durch den zwei anderer Geraden gemessen, welche durch einen und denselben Punkt im Raume und jenen parallel gelegt wären, ein rechter Winkel sey. Alle Punkte jedes Theils des einen Stromes werden auf alle Punkte jedes Theils des andern wirken. Um die Wirkung der Punkte des Theiles PD auf die des Theiles QB zu haben, suchen wir zuvörderst die irgend eines Punktes m des Stromes CD in PD genommen, auf einen Punkt k des Stromes AB in QB genommen. Indem wir sagen, wir suchen die Wechselwirkung der Punkte m und k, verstehen wir darunter die Wechselwirkung zwischen zwei unendlich kleinen Theilchen ln, gh, der Ströme AB, CD, deren Mitten m und k sind. Dieses vorausgesetzt, so ist klar, daß man an die Stelle des Stromes ln zwei andere setzen kann, die gleichfalls m zur Mitte haben, und

deren einer in die Ebene mkB fallen würde, welche die Linien mk und gh enthält, der andere senkrecht auf diese Ebene seyn. Die Wirkung dieses letztern auf gh wird Null seyn (Art. 17), weil die Ebene, welche mk und die Richtung dieses Stromes enthält, senkrecht auf der Ebene ist, welche mk und gh enthält, und es wird also nur die Wirkung des Stromes in der Ebene mkB übrig bleiben; setzen wir nun an die Stelle dieses nochmals zwei andere, deren einer die Richtung von mp, der gh parallel, der andere die von mq, als der Verlängerung von km hat, so wird die Wirkung dieses letztern auf gh noch Null seyn (Art. 16), weil die Richtung mq durch den Punkt k, die Mitte von gh geht, und es wird also nur die Wirkung des nach mp gerichteten Stromes übrig bleiben und, da diese Richtung der gh parallel und die nämliche ist wie in gh, eine Anziehung bewirken, die jedoch minder stark seyn wird (Art. 16), als wenn die beiden Ströme gh, mp, auf der ihre Mitten verbindenden Linie mk senkrecht wären. Dasselbe gilt von der Wirkung aller unendlich kleinen Ströme, in die man PD zerlegen kann, und die auf alle sehr kleine Portionen von QB wirken; dergestalt daß alle diese Effecte sich dahin vereinigen werden, den Punkt B dem Punkte D zu nähern, oder den Winkel der Linien PD, QB zu verkleinern, indem sie die Linie AB um den Punkt Q drehen. Dieselbe Zerlegung würde uns auch zeigen, daß aus den Wechselwirkungen der Punkte der beiden Portionen AQ, CP, eine Anziehung hervorgeht, welche den Punkt A dem Punkte C zu nähern, und AB nach der nämlichen Richtung zu drehen strebt, wie die

Wirkung von PD auf QB. Die Wechselwirkungen aller Theile der Linien PC, QB, so wie die der Linien AQ und PD sind dagegen abstoßend, und streben den Punkt A von dem Punkte D und den Punkt B von dem Punkte C zu entfernen, wie leicht zu sehen ist, wenn man an die Stelle der kleinen Portion l'n' des Stromes CP zwei andere Strom-Portionen setzt, die in der Ebene m'kB und in der auf diese Senkrechten liegen, wodurch die von l'n' ausgeübte Wirkung auf die eines kleinen Stromes zurückgeführt wird, der in derselben Ebene liegt, und an dessen Stelle man wieder zwei andere Ströme, einen nach m'q' und einen nach m'p' gerichteten, setzen kann, von welchen der letztere allein auf gh und abstoßend wirkt, weil der Strom m'p' die entgegengesetzte Richtung von gh hat.

Wenn die beiden Geraden AB, CD, keine rechten Winkel machen, so sind zwischen den vier Theilen, PD, PC, QA, QB, welche wir eben betrachtet haben, zwei spitze und zwei stumpfe Winkel: in den spitzen Winkeln streben alle Wechselwirkungen der unendlich kleinen Theile der Ströme, AB nach derselben Richtung wie vorher zu drehen; in den stumpfen Winkeln aber, obschon die größte Anzahl dieser Wirkungen noch so vor sich geht wie in dem Falle, wo die Winkel rechte sind, gibt es doch eine gewisse Anzahl von Wechselwirkungen, die einen entgegengesetzten Effect hervorzubringen suchen, wie man durch die Zerlegungsweise, deren wir uns so eben bedient haben, sehen kann; allein man sieht zu gleicher Zeit, daß dieser entgegengesetzte Effect sehr klein ist in Beziehung zu der Totalität der Wirkungen, die AB

nach derselben Richtung zu drehen streben, als wenn die Linien AB, CD, rechte Winkel machen. Diese Bewegung wird also dieselbe seyn, der Winkel der beiden Leiter mag seyn welcher er will, was sich leicht durch die Erfahrung bestätigen läßt, wenn man sich des in Fig. 5 vorgestellten Leiters bedient. So lange man die beiden Theile QA, QB, des beweglichen Leiters als gleich annimmt, findet offenbar keine Wirkung weiter Statt als die, ihn um den Punkt Q zu drehen; wenn sie aber ungleich wären, oder nur einer von dem electrischen Strome durchströmt würde, so würde die Summe der CD parallelen Seitenwirkungen nicht mehr Null seyn, und sie würden den Theil QA in die Richtung von PC, und den Theil QB in die Richtung von PD zu versetzen streben, dem unbeweglichen Leiter CD parallel. Ueber diese Wirkungsart, welche die electrischen Ströme der Theorie zufolge ausüben müssen, hat man noch keine Versuche angestellt.

46. Oersted hat beobachtet, daß wenn man in die Nähe einer gewöhnlichen Magnetnadel einen senkrechten leitenden Draht, in welchem der Strom aufwärts steigt, und zwar in die Nähe eines Punktes der Nadel bringt, der zwischen einem der Pole und der Mitte der Nadel liegt, dieser Pol beständig nach West gerichtet wird, welchem Pol und welcher Seite der Nadel man auch den senkrechten Leiter nähere. Der Grund davon ist der, daß in der horizontalen und durch die Erde gerichteten Magnetnadel der Strom in West aufwärts, in Ost abwärts steigt, wie man an dem Magnet AB (Fig. 15) sehn kann, wo die Pfeile die Richtung des Stromes an der Oberfläche zeigen, indem man beachtet, daß dieser Mag-

net, wenn er durch die Erdkugel gerichtet wird, seinen Pol A nach Nord, und seinen Pol B nach Süd kehrt. Jetzt, wenn sich der Draht mit seinem aufwärts steigenden Strome westlich von der Nadel befindet, zieht er die Ströme der Nadel, welche westlich sind und ebenfalls aufwärts steigen, an, und dreht den benachbarten Pol nach West. Bringt man den Strom auf die andere Seite, d. h. östlich von der Nadel wo die Ströme abwärts gehn, so stößt er sie ab, weil er die entgegengesetzte Richtung hat, und der benachbarte Pol begibt sich wiederum nach West. Ist derselbe Strom in einer horizontalen Richtung auf den magnetischen Meridian senkrecht, und in dieselbe Entfernung von der Mitte der Nadel wie vorher gestellt, so bewirkt er die Neigung der Nadel ebenfalls auf gleiche Weise, er mag sich nun über oder unter dieser befinden, wie Oersted desgleichen beoachtet hat. Denn ist der Strom im Drahte z. B. von Ost nach West gerichtet, und bringt man ihn unter die Nadel, so ist er den Strömen an der untern Fläche dieser nahe, welche auch von Ost nach West gehn, zieht sie an und folglich den benachbarten Pol herab; und bringt man denselben Strom über die Nadel, so stößt er die Ströme an der obern Fläche dieser, welche von West nach Ost gehn, ab und drückt den Pol, in dessen Nähe er sich befindet, wiederum herab. Da nun die Anordnung und die Richtung der Ströme um den ganzen Magnet herum seiner ganzen Länge nach sich gleich sind, so leuchtet hieraus der Grund dieses höchst merkwürdigen Umstandes ein, daß der Strom in diesem Versuch auf beide Pole der Nadel gleich wirkt.

Wenn man in allen so eben angeführten Versuchen, anstatt den Leiter einem Theile der Nadel gegenüber zu stellen, welcher zwischen einem Pole und ihrer Mitte liegt, denselben jenseit des Poles, von der Mitte der Nadel ausgehend, stellt, so bekommt man entgegengesetzte Effecte. Dieß rührt daher, weil der Draht alsdann so gelegen ist, daß seine Wirkung auf die Ströme der entgegengesetzten Fläche der Nadel stärker ist, als die, welche er auf die Ströme des ihm nahen Theils ausübt (Art. 41), dergestalt daß der hieraus hervorgehende Effect von derselben Beschaffenheit ist, wie die Wirkung des Drahtes auf die Ströme der entgegengesetzten Fläche der Nadel, und folglich der Wirkung entgegengesetzt, welche zwischen dem Strome des Drahtes und den Strömen der ihm zugekehrten Fläche der Nadel in dem Falle Statt findet, wo der Draht einem Theile der Nadel zwischen dem Pol und ihrer Mitte gegenüber ist. Dieser Effect wird übrigens im folgenden Artikel näher untersucht werden.

47. Nachdem man an einem frei schwebenden Faden den kleinen, magnetisirten Stab MN (Fig. 18), welcher eine gewöhnliche Magnetnadel seyn kann, aufgehangen hat, führt man neben demselben den electrischen Strom LK vorbei. Haben auf der Seite des Magnets, welche dem leitenden Drahte nahe ist, die Ströme dieselbe Richtung wie der in diesem Drahte, so wird der magnetisirte Stab ganz zu dem Drahte hingezogen und bleibt, nachdem er denselben berührt hat, an ihm haften. Bringt man den leitenden Draht auf die andere Seite des Magnets, wo die Ströme nach entgegengesetzter Richtung gehn, so

stößt er ihn ab: diese Effecte finden auf gleiche Weise in den verschiedenen Höhen Statt, in die man den Strom LK bringt, mag man ihn nun der Mitte des Magnets gegenüber, oder zwischen der Mitte und dem einen oder dem andern seiner Pole vorbeiführen, jedoch nur so lange, als man LK weder über den Punkt M, noch unter den Punkt N versetzt. Denn je mehr man ihn z. B. herabdrückt während man ihn in derselben Vertikalebene erhält, desto schwächer wird die Wirkung, welche er ausübte als er sich der Mitte des Magnets gegenüber befand, bis sie auf einer gewissen Gränze Null wird. Fährt man nach Ueberschreitung dieser Gränze noch fort, den Strom herabzudrücken, so wird seine Wirkung der, welche er anfangs ausübte, entgegengesetzt, und verändert ihre Beschaffenheit dann nicht wieder, so tief man auch immer LK unter den Magnet herabdrücke.

48. Um von diesen Thatsachen Rechenschaft zu geben, sey AB (Fig. 26) ein prismatischer rechtwinkliger Magnet, welchen die Figur horizontal darstellt, (obschon er in dem Ampèreschen Versuche, von welchem wir eben sprachen, senkrecht ist), dergestalt daß mn seine Dicke ist, und P die Projection auf die senkrechte durch die Axe des Magnets gehende Ebene, eines als unbestimmt angenommenen und auf dieser Ebene senkrechten electrischen Stromes; indem wir uns darauf beschränken, von den Strömen zu sprechen, welche sich an der Oberfläche des Magnets befinden, — was sich dann leicht auf die innern Ströme ausdehnen lassen wird, — bemerken wir zuvörderst, daß der leitende Draht entgegengesetzte Wirkungen auf die Ströme der beiden Flächen ausübt, deren

Ebenen auf seiner Richtung senkrecht sind, weil in der Fläche, die sich westlich befinden würde, wenn der Magnet durch die Erdkugel gerichtet wäre, die Ströme aufwärts und in der entgegengesetzten abwärts steigen; übrigens haben diese beiden Flächen jeden ihrer correspondirenden Punkte gleichweit von dem leitenden Drahte entfernt, die Wirkungen, welche dieser auf diese beiden Flächen ausübt, sind sich sonach ganz gleich und entgegengesetzt, und es geht also daraus keine Wirkung hervor, welche den Magnet zu verrücken strebte. Es bleibt daher auch nichts weiter zu betrachten übrig, als die Wirkung, welche der Strom auf die beiden ihm parallelen Flächen des Magnets ausübt.

Es seyen m und n die Projectionen zwei unendlich kleiner Portionen electrischer Ströme der dem Leiter zugekehrten und der entgegengesetzten Fläche, in einer und derselben Horizontalebene gelegen, wenn der Magnet vertikal ist. Die Richtung des Stromes wird in diesen beiden Punkten entgegengesetzt seyn, dergestalt daß, wenn der Strom in m, parallel dem in P projectirten Strome, nach derselben Richtung geht wie dieser und von ihm angezogen wird, der Strom in n, welcher dem Strome P ebenfalls parallel ist aber die entgegengesetzte Richtung hat, von ihm abgestoßen werden wird. Es ist leicht zu sehn, daß der Strom P, indem er aus größerer Nähe auf den Punkt m wirkt, diesen stärker nach mP anziehen, als den Punkt n nach Pn abstoßen wird. Die Wirkung des Leiters auf jeden unendlich kleinen Strom, wie m oder n, ist im umgekehrten Verhältniß der einfachen Entfernung dieses kleinen Stromes von dem

Drahte, wie wir bald sehen werden. Wenn der Strom P in der verlängerten Richtung nm sich befindet, so strebt die Vereinigung dieser beiden kleinen Ströme mit einer Kraft nach ihm hin, welche die Differenz ist zwischen den beiden Wirkungen, die er auf m und auf n ausübt, wobei die Wirkung auf m wegen des kleinen Abstandes dieses Punktes von dem Strome P vorwaltet. Wenn aber, wie in der Figur, der Strom P nicht gerade über mn ist, so wird man die beiden Kräfte mP und Pn nach der auf der Axe des Magnets senkrechten Richtung mn zerlegen, und die Differenz ihrer Seitenkräfte nach dieser Richtung nehmen müssen, um die Kraft zu haben, mit welcher die vereinigten Wirkungen, die auf die beiden Punkte m und n ausgeübt werden, den Magnet dem Leiter zu nähern streben. So lange die Winkel der Kräfte mP, Pn, mit mn, beide sehr klein sind, wird die nach mn zerlegte Anziehungskraft mP über die nach derselben Richtung zerlegte Repulsivkraft Pn den Vortheil behaupten, welcher aus der größern Nähe der Punkte P und m entspringt, da aber der Winkel von Pm mit der Verlängerung nm größer ist als der Winkel Pnm, so wird die Kraft mP mehr als Pn, durch die Zerlegung nach mn, verlieren. Bei größern Winkeln wird diese Kraft mP immer verhältnißmäßig mehr, als Pn verlieren, dergestalt daß für eine gewisse Lage des Stromes P die beiden Wirkungen einander gleich und entgegengesetzt seyn, und sich wechselseitig aufheben werden. Nach Ueberschreitung dieser Gränze wird die Kraft Pn die Oberhand gewinnen, und die Wirkung des Stromes P auf die Vereinigung der beiden Punkte m und n wird abstoßend werden. Um ohne

Hülfe der Rechnung deutlich zu zeigen, wie die Anziehung sich nothwendig in Abstoßung verwandeln muß, denken wir uns den Strom P sehr nahe an den Punkt p gebracht, welcher in der Verlängerung der dem Strome zugewandten Fläche des Magnets liegt, so wird die beinahe die Richtung mp habende Kraft mP, nach nm nur eine sehr kleine Seitenkraft geben, während die nach nm zerlegte Kraft Pn, welche mit nm einen weit kleinern Winkel mnp macht, weit größer seyn wird.

Was so eben von den beiden unendlich kleinen Strömen m und n gesagt worden ist, welche in zwei entgegengesetzten Punkten der dem Strome P parallelen Flächen des Magnets lagen, kann auch von jeder andern Vereinigung zwei auf dieselbe Weise gewählter Punkte gesagt werden, und die Resultirende aus der Wirkung des Stromes P auf alle diese kleinen Ströme, paarweis genommen, wird die Wirkung des Leiters auf den Magnet geben, die folglich in diesem letztern Falle abstoßend seyn wird, während sie im erstern anziehend war.

Es ist nicht nothwendig, für den Magnet AB die Form eines rechtwinkligen Prisma anzunehmen, um die nämlichen Betrachtungen darauf anwenden zu können. Nur setze man, wenn er diese Form nicht hat, in Gedanken an die Stelle aller unendlich kleinen Portionen der Ströme, welche seine Axe umgeben, zwei andere kleine Ströme, den einen mit dem Strome P parallel laufend, den andern senkrecht auf seine Richtung. Von der Vereinigung aller der kleinen Ströme, die sich in diesem letztern Falle auf einer und der andern Seite des Magnets befinden, gilt das, was wir so eben von den Strömen der auf die Rich-

tung des Drahtes senkrechten Flächen gesagt haben; der auf sie hervorgebrachte Effect wird für die Bewegung des Magnets Null seyn. Was die kleinen dieser Richtung parallelen Ströme betrifft, so hat man sie paarweis zu betrachten, wie wir so eben mit den kleinen Strömen m und n gethan haben, und daraus dieselben Schlüsse zu ziehen.

49. Mit diesen Gegebenen wird es uns leicht seyn, die Effecte des Leiters LK (Fig. 18.) auf den kleinen magnetisirten Stab MN zu erklären. Befindet sich der Strom z. B. in der Höhe der Mitte des Magnets, und hat er dieselbe Richtung wie die Ströme in dem Theile des Magnets, welcher in seiner Nähe ist, so ist seine Wirkung, nach dem was wir eben gesehn haben, anziehend auf den Durchschnitt, der sich mit ihm in gleicher Höhe befindet. Dasselbe kann man von den übrigen horizontalen Durchschnitten, bis zu einer gewissen Entfernung über und unter LK genommen, sagen. Zwar wird dieser Strom entgegengesetzte Wirkungen auf die entferntern Durchschnitte des Magnets ausüben; allein diese Wirkungen werden weit schwächer seyn: 1) weil der Strom aus größerer Ferne wirken wird; 2) weil die Linien, nach denen diese Wirkungen gerichtet seyn werden, kleinere Winkel mit der Axe des Magnets machen, und folglich kleinere Seitenlinien geben werden, wenn man sie nach einer auf diese Axe senkrechten Richtung zerlegt. Die Anziehung, welche auf die dem Leiter am nächsten liegenden Durchschnitte Statt findet, wird daher vorwaltend seyn, und da die Ströme die nämliche Anordnung um den Magnet herum in allen Höhen haben,

so wird stets derselbe Effect hervorgebracht werden, so lange der Draht LK die Gränzen M und N nicht überschreitet, in welche Höhe man ihn auch versetzen mag.

Vorausgesetzt daß der Strom LK immer in derselben Vertikalebene bleibt, so wird, wenn man ihn unter N herabdrückt, die Anzahl der ihm nahen Durchschnitte, auf welche er eine anziehende Kraft ausübt, dermaßen abgenommen haben, während die Anzahl der Durchschnitte, auf welche er abstoßend wirkt, zugenommen haben wird, daß bald die Anziehung, die er auf den Magnet ausübte, als er sich seiner Mitte gegenüber befand, nachdem sie immer schwächer und schwächer, und bei einer gewissen Tiefe des Leiters LK, Null geworden war, sich in Abstoßung verwandeln wird; dann werden, wenn man mit dem Herabdrücken dieses Leiters fortfährt, die abstoßenden Wirkungen immer mehr die Oberhand gewinnen, und der Magnet wird nun, anstatt von dem Strome angezogen zu werden, von ihm abgestoßen werden, wie die Erfahrung bestätigt. Um zu überzeugen, daß die Anziehung sich in diesem Falle immer in Abstoßung verwandelt, wofern der Strom hinlänglich herabgedrückt wurde, wollen wir den sehr einfachen Fall betrachten, wo man den leitenden Draht weit genug herabgedrückt hätte, daß die Wirkung, die er auf den untersten Durchschnitt von MN ausübt, abstoßend würde. Da dieser Durchschnitt derjenige ist, welcher ihm am nächsten liegt, so wird seine Wirkung auf alle übrigen noch weiter entfernten um so stärker repulsiv seyn, und der Magnet wird abgestoßen werden. Eben so verwandelt sich die Anziehung in Abstoßung, wenn man LK über M erhebt;

und die beiden Pole wirken hier genau — und müssen auch der Theorie nach so wirken, — auf dieselbe Weise.

Es bedarf nicht der Erwähnung, daß wenn der Draht, als er sich der Mitte des Magnets gegenüber befand, Abstoßung hervorgebracht hätte, er im Gegentheil anziehend wirken würde, wenn man ihn erhübe oder herabdrückte, wie wir eben gethan haben.

Untersuchen wir jetzt, was in dem Fig. 19 versinnlichten Falle geschieht, wo der Leiter GH sich gerade unter dem aufgehangenen Magnete AB befindet, der in Fig. 18 mit MN bezeichnet war. Er bringt dann einen dem entgegengesetzten Effect hervor, welchen er hervorbrachte, als er sich entweder in EF, vor dem Magnet, oder hinter demselben, in CD befand. Nach Abstrahirung von den Kräften, welche auf diejenigen Flächen des Magnets wirken, die auf der Richtung des Stromes senkrecht sind, und welche sich wechselseitig aufheben, wie man eben gesehn hat, zieht EF den Magnet an und bewegt ihn vorwärts. Bringt man den Strom nach CD, in die Nähe der Ströme der hintern Fläche, welche die entgegengesetzte Richtung haben, so stößt er den Magnet ab und bewegt ihn wiederum vorwärts. Versetzt man dagegen den Strom nach GH, unter den Magnet, so zieht er die Ströme der vordern Fläche des Magnets zu sich hin, und strebt ihn nach hinten zu führen, während er die Ströme der hintern Fläche abstößt, und ihn so nach derselben Seite hin zu treiben sucht, durch eine derjenigen entgegengesetzte Bewegung, die er ihm zu geben suchte, als er längs CD oder EF gerichtet war; alles mit der Erfahrung übereinstimmend.

Nach dem allgemeinen Gesetze der Reciprocität der Wirkung kann man dieselben Versuche mit einem Magnet anstellen, welchem man einen beweglichen Leiter Preis gibt; z. B. einer der vertikalen Schenkel des beweglichen Leiters in Fig. 4. Dieser Schenkel, in welchem der Strom herabsteigt, wie die Figur angibt, wird von der Seite eines Magnets angezogen, in welcher die Ströme auch abwärts gehn, und von der entgegengesetzten Fläche abgestoßen, wo sie aufwärts steigen; und wie im vorigen Falle wird, wenn der leitende Draht sich außerhalb der durch die beiden Enden des Magnets gelegten Ebenen, welche auf seiner Axe senkrecht sind, befindet, der Effect dem entgegengesetzt, welcher Statt hatte, als der Draht sich in dem zwischen diesen Ebenen eingeschlossenen Raume befand.

51. Mit demselben beweglichen Leiter (Fig. 4) kann man einen merkwürdigen Versuch Erman's wiederholen, welcher darin besteht, einem beweglichen leitenden Drahte einen Magnet in Hufeisenform zu nähern, so daß der Draht zwischen die beiden Pole fällt. Man bemerkt alsdann, daß diese beiden Pole gleich auf den Draht wirken. Ziehn beide den Draht an, so begibt er sich nach dem Pole hin, dem er am nächsten ist: und stoßen ihn beide ab, so nimmt er die Lage ein, in welcher beide Kräfte auf ihn im Gleichgewicht sind, und kommt nach einigen Schwingungen in der Mitte des die Pole trennenden Raumes zur Ruhe, gerade wie in dem Versuche (Art. 12), wo der bewegliche Draht sich zwischen zwei andern Leitern befindet, die ihn mit gleicher Kraft abstoßen.

Um diesen Versuch zu erklären, reicht die Bemerkung hin, daß, da alle Ströme, welche sich auf einer Seite eines Magnets befinden, den man sich erst geradlinig denken kann, eine und dieselbe Richtung haben, wenn man diesen Magnet alsdann so krümmt, daß seine Pole sich einander nähern, die innern Ströme, oder die der concaven Seite des gekrümmten magnetisirten Stabes noch dieselbe Richtung haben, woraus eine gleiche Wirkung beider Pole hervorgehn muß. Diese Ideen mehr zu fixiren, nehmen wir an, daß die Ebene der Kurve, welche die Axe des Magnets bildet, horizontal sey, und daß die Ströme der innern concaven Seite des Magnets aufwärts steigen; bringt man hierauf zwischen die Schenkel einen beweglichen Draht, dessen verticaler Strom ebenfalls aufwärts steige, so wird er von den beiden Polen angezogen werden und sich nach dem hin begeben, welchem er am nächsten ist; geht hingegen der Strom in dem beweglichen Drahte abwärts, so wird er durch die aufwärts steigenden Ströme des Magnets von beiden Seiten gleichmäßig abgestoßen werden, und sich zwischen den beiden Polen in der Mitte des sie trennenden Raums fixiren.

52. Der Versuch Erman's ist auch noch durch den Apparat merkwürdig, dessen er sich bedient: er besteht in einer Säule aus einem einzigen Elemente, die leicht genug ist um an einem langen Draht aufgehangen werden zu können, welcher ihr hinreichende Beweglichkeit läßt, wie die Drähte, deren man sich zu der Drehwage bedient. Dieses Element ist zusammengesetzt aus einer kupfernen Schale, die eine schwache Säure enthält, in welche ein

Stück Zink eingetaucht ist, das mit der kupfernen Schale durch einen von dem zum Tragen des Apparats dienenden verschiedenen Metalldraht in Verbindung steht. Es leuchtet ein, daß in dieser Säule aus einem Paare das Zink dem Kupfer, mit welchem es durch den Metalldraht verbunden ist, die positive Electricität entzieht, und daß diese E. durch den flüssigen Leiter wieder zum Kupfer gelangt. Die negative E. nimmt den entgegengesetzten Weg, und nach dem, was wir festgesetzt haben, um die Richtung des Uebergangs der beiden E. anzuzeigen, geht der Strom in dem ganzen außerhalb der Flüssigkeit befindlichen Theile des Kreises von dem Kupfer nach dem Zink. Offenbar richtet die Erde einen solchen beweglichen Kreis; und obschon Erman nicht wahrnahm, daß dieser Apparat durch die Wirkung der Erde eine bestimmte Richtung erfuhr, — dieser Apparat, welcher dem in Fig. 6 ganz ähnlich ist, der bei einer Säule von mittler Stärke sehr leicht gerichtet wird — so ist doch nicht zu bezweifeln, daß, wenn der Draht, an welchem der Apparat hing, der Drehung fähiger und besonders wenn der Strom energischer gewesen wäre, die Richtung durch die Erde Statt gefunden haben würde.

53. Dieselbe Idee hatte Babinet schon in den ersten Zeiten realisirt, wo sich Ampère mit den electrisch magnetischen Erscheinungen beschäftigte. Ein Kupferdraht CA (Fig. 27) ist in A an einen Zinkdraht AZ gelöthet; der ganze Draht ZAC ruht auf einer Spitze oder Zapfen S, und um den Strom in Thätigkeit zu setzen, taucht man die beiden Enden Z und C in ein mit saurem Wasser gefülltes Glas. Dieser Apparat wurde anfangs

eben so wenig als der Ermansche durch die Wirkung der Erde gerichtet; allein seitdem Babinet zum Aufhängen desselben einen einfachen seidnen, etwas langen Faden nahm, fand stets die Richtung dieses Apparats durch die Erde statt, — dasselbe erfuhr de la Rive. Wenn das Ende des Zinkdrahtes, welches in die Säure taucht, aufgelöst ist, darf man es nur durch Befestigung eines neuen Stückes an das übrig gebliebene ersetzen.

54. Man ist so gewohnt, die beiden Pole eines Magnets entgegengesetzte Wirkungen äußern zu sehn, daß alle Erscheinungen, welche in Uebereinstimmung mit der von uns entwickelten Theorie zeigen, wie die beiden Pole auf gleiche Weise wirken, besondre Aufmerksamkeit verdienen. Hierher gehören die Thatsachen, welche Boisgiraud beobachtet hat, als er den electrischen Strom auf eine kleine Magnetnadel wirken ließ, die vermittelst ein wenig Wachs oder fetter Materie, womit sie überzogen ward, auf dem Wasser schwimmt. Nachdem die Nadel durch die Erde in den magnetischen Meridian gerichtet ist, stellt man einen leitenden Draht senkrecht auf diesen Meridian und die Nadel. Es sey AB (Fig. 26) die schwimmende Nadel, P die Projection des Stromes, welchen man auf die Nadel wirken läßt, und betrachten wir nun, wie wir Art. 48 thaten, ihre Wirkung auf die beiden Punkte m und n, welche in einer Verticale liegen: so sieht man, daß die anziehende Wirkung des Stromes P, den wir uns von West nach Ost gerichtet denken, um die Ideen zu fixiren, auf den Punkt m stärker seyn wird, als seine abstoßende Wirkung auf den Punkt n. Um die Kraft zu haben, mit welcher die

Vereinigung der beiden kleinen Strom-Portionen m und n sich nach dem Leiter hin zu begeben streben wird, muß man die Kräfte mP, Pn, parallel der Richtung der Axe AB, nach mp, qn zerlegen, weil die Nadel wegen ihrer Schwere und der durch die Erde ihr gegebenen Richtung sich nur in dieser Richtung bewegen kann; und nach geschehener Zerlegung muß man die Differenz der nach mp und qn ausgeübten Wirkungen nehmen. Nun sieht man, daß für alle Lagen des Stromes P die Wirkung nach mp immer größer ist, als die entgegengesetzte, welche er nach qn ausübt: dieß rührt daher, weil der Winkel Pmp kleiner ist als der Winkel Pnq; dergestalt daß die Kraft mP, die schon größer ist als die Kraft Pn, noch mehr Uebergewicht über diese letztere erhalten wird, wenn man sie nach einer Richtung mp zerlegt, die weniger von mP abweicht, als nq von nP. Also wird die Wirkung des Stromes auf die obere Fläche der Nadel immer größer seyn als die entgegengesetzte Wirkung, welche er auf ihre untere Fläche ausübt, und es wird immer Anziehung Statt finden, wenn der Strom, wie wir hier annehmen, von West nach Ost geht: aus demselben Grunde würde Abstoßung Statt haben, wenn er von Ost nach West ginge.

Dieser Umstand begründet eine große Verschiedenheit zwischen diesem Versuche und dem in Art. 47, wo die Wirkungen des Stromes nach auf der Axe senkrechten Richtungen zerlegt wurden. Da hier die Resultirenden der Wirkungen des Stromes P auf alle Durchschnitte des Magnets, welche auf der Axe senkrecht sind, immer dieselbe Richtung haben, so wird dieser Strom, wenn

er von West nach Ost geht, ihn in allen Lagen anziehn. Ferner wird Gleichgewicht Statt finden, wenn die Mitte der Nadel sich senkrecht unter dem Leiter befindet; denn in jedem andern Falle, wenn der Punkt unter dem Leiter den kleinen schwimmenden Magnet nicht in zwei gleiche Theile theilt, wird der längere Theil am meisten nach dem Drahte hin gezogen, und die Mitte der Nadel wird unter den Leiter zurückgeführt werden. Das Entgegengesetzte findet Statt, wenn der Strom P von Ost nach West geht: dann findet Abstoßung auf alle Durchschnitte Statt, und so wenig auch immer die Mitte der Nadel unter dem Drahte ausweichen mag, so wird der längere Theil am meisten abgestoßen, und der Magnet entfernt sich unbestimmt von dem leitenden Drahte, wie dieß Boisgiraud beobachtet hat.

55. Bringt man in einen Recipienten, in welchem die Luft verdünnt worden ist, zwei Kohlen-Spitzen, welche durch Metalldrähte mit den beiden Enden der Säule in Verbindung stehn, so erhält man, wenn die Säule genug Energie hat, zwischen den beiden Spitzen einen continuirlichen Strom von Electricität, welcher selbst dann fortbesteht, wenn man die Spitzen um mehrere Centimeter von einander entfernt. Zu gleicher Zeit entwickeln sich Wärme und Licht, die sehr intensiv sind. Da der Kreis dadurch nicht unterbrochen wird, so glaubte Arago, daß die Art electrischer Flamme, welche sich dann zeigt, auf die Magnetnadel wirken, und durch die respectiven Pole der Magnete entweder angezogen oder abgestoßen werden müsse. Und diesen Effect nun hat H. Davy erhalten: er brachte die Enden der Kohlenspitzen über

einander, so daß der Strom eine senkrechte Richtung bekam. Hierauf näherte er der Flamme einen Magnet, dessen Axe horizontal war, und sahe, daß die Flamme angezogen wurde und sich bogenförmig nach dem Magnet zu krümmte, wenn die Ströme in diesem auf der Seite der Flamme dieselbe Richtung hatten, wie der Strom, welcher die Flamme hervorbrachte. Wenn man diesen Strom als aufsteigend, und den Magnet als durch die Erde gerichtet annimmt, so muß dieser Effect Statt haben, wenn die Flamme sich westlich befindet; im entgegengesetzten Falle muß die Flamme abgestoßen werden, und einen Bogen bilden, dessen convexe Seite dem Magnet zugekehrt ist.

56. Biot in Vereinigung mit Savart studirte die Wirkung eines leitenden Drahtes auf eine Magnetnadel durch sehr genaue Versuche, die uns den Beweis zu dem geben werden, was wir schon weiter oben ausgesprochen haben, daß die Wechselwirkung zwei kleiner Portionen electrischer Ströme in umgekehrtem Verhältniß des Quadrats ihrer Entfernung ist. Um die Magnetnadel aus dem Bereich des magnetischen Einflusses der Erde zu bringen, stellt er in eine ziemlich große Entfernung einen Magnet, dessen Wirkung durch eine derjenigen analoge Anordnung, welche Haüy anwendet um in den Mineralien die schwächsten Spuren von Magnetismus zu entdecken, die der Erde aufwiegt. Wenn der Magnet passend gestellt ist, bleibt die Nadel in allen ihr gegebenen Lagen, wo nicht ganz, doch beinahe ruhig. Hierauf unterwirft man diese Nadel der Wirkung eines leitenden Drahtes, und zählt die Zahl der Schwingungen, die sie

in einer gegebenen Zeit bei einer bestimmten Lage des Drahtes macht; das Quadrat dieser Zahl ist, wie man weiß, der Kraft proportional, welche alsdann die Nadel schwingen macht. Ist sie an nicht gedrehten seidnen Fäden aufgehangen, so hat die Drehung durchaus keinen Einfluß auf ihre Richtung, und durch Zählen der Zeit vermittelst eines zweckmäßig eingerichteten Chronometers konnte Biot, so zu sagen, die äußerste Gränze von Genauigkeit erreichen.

57. Spannt man einen verticalen leitenden Draht von hinreichender Länge, damit seine Wirkung für die Wahrnehmung dieselbe sey, als wenn diese Länge unbegränzt wäre, neben einer so schwebenden Nadel auf, so wird diese, in Uebereinstimmung mit unserer Theorie, dem Faden transversal gerichtet, dergestalt, daß ihre Richtung senkrecht auf der vertikalen Ebene ist, die durch den Leiter und die Mitte der Nadel geht. Bringt man sie hierauf aus dieser Lage der Ruhe, so schwingt sie von einer Seite zur andern, mit einer Kraft, die durch das Quadrat der Anzahl der Schwingungen, welche in einer gegebenen Zeit gemacht wurden, bestimmt, der Entfernung des Drahtes von der Nadel umgekehrt proportional erfunden worden ist. Um die Wirkung eines der Theilchen des Stromes, isolirt betrachtet, zu haben, muß man das Gesetz suchen, nach welchem die Elemente des leitenden Drahtes wirken müssen, damit der durch ihre Vereinigung hervorgebrachte Effect im umgekehrten Verhältniß der einfachen Entfernung sey. Dieses Gesetz hat de la Place durch Rechnung gesucht, und gefunden, daß wenn alle Theile eines unbestimmten geradlini-

gen Drahtes in umgekehrtem Verhältniß des Quadrats ihrer Entfernung von einem Punkte wirken, ihre Totalwirkung im umgekehrten Verhältniß der einfachen Entfernung dieses Punktes vom leitenden Drahte seyn wird. Diese schöne Erfahrung gibt uns also den Beweis für die von Ampère gleich zu Anfang seiner Untersuchungen angenommene Hypothese, daß jeder sehr kleine Theil eines Stromes auf einen andern ebenfalls sehr kleinen Theil im umgekehrten Verhältniß des Quadrats ihrer Entfernung wirkt.

Biot hat auch die Wirkung eines geraden Drahtes auf eine Magnetnadel mit der Wirkung eines leitenden Drahtes verglichen, der in einen Winkel gebogen war, dessen Scheitel der Nadel eben so nahe gebracht wurde, als ihr vorher der nächste Theil des verticalen Drahtes war. Als er durch die Rechnung die Resultate des Versuchs analysirte, fand er das Gesetz wieder, welches Ampère angekündigt hatte, nachdem er einen gekrümmten Draht auf einen beweglichen Leiter hatte wirken lassen, daß nämlich die Wirkung einer kleinen Portion des Drahtes, unter übrigens gleichen Umständen, sich verhält wie der Sinus des Winkels, den die Richtung dieser kleinen Portion mit der Linie bildet, welche ihre Mitte mit dem Punkte, auf den sie wirkt, verbindet. Ferner ist, wie für den geraden Draht, die Wirkung im umgekehrten Verhältniß der Entfernung der Nadel von dem Scheitel des Winkels, was auch daraus folgt, daß die Wirkung jeder kleinen Portion des Drahtes im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung ist.

58. Oersted hatte beobachtet, daß wenn der Strom durch Körper von einem weit größern Volumen als die Drähte geführt wurde, er eben so wirkte, als wäre er durch die Drähte selbst geleitet. Biot hat ferner bemerkt, daß wenn man statt eines einfachen Drahtes einen doppelten oder dreifachen, oder eine metallne Röhre nimmt, die dicker ist als ein einfacher Draht, um den Strom von einer und derselben Säule hindurchzuleiten, die Wirkung dieses Stromes mit der Anzahl der Drähte, oder überhaupt mit der Dicke des Leiters, zunimmt, bis zu einer gewissen Gränze, über welche hinaus man durch Vervielfachung der Anzahl der Drähte keinen größern Effect weiter erhält; denn so wie der Leiter dick genug ist, um den ganzen Strom, welchen die Säule hervorbringen kann, leicht fortzuführen, so geschieht der Uebergang der beiden E. durch diesen Leiter eben so gut, als durch einen andern von beträchtlicherem Umfang.

59. Die Urheber der Arbeit, von welcher wir die Resultate anführen, haben auch beobachtet, daß wenn man auf eine in einer Horizontalebene gehaltene Nadel einen leitenden Draht wirken läßt, der sich in derselben Ebene und auf der Axe der Nadel senkrecht befindet, dieser Draht keine richtende Wirkung auf sie ausübt, was man daran erkennt, daß die Nadel nicht mehr nach diesem Drahte hinschwingt, wenn die Wirkung der Erde durch die eines Magnets, wie wir weiter oben sahen, beigelegt ist, oder auch, indem man die Nadel der Wirkung der Erde wie gewöhnlich überläßt, daran, daß die Anzahl der Schwingungen, welche sie macht, durch die Wirkung des Drahtes weder vermehrt noch vermindert

wird. Wenn man aber den leitenden Draht höher oder niedriger anbringt, so wird je nach der Richtung des Stromes Anziehung oder Abstoßung bewirkt. Bedient man sich der der Wirkung der Erde entzognen Nadel, so offenbart sich die Anziehung durch die Schwingungen, welche sie alsdann macht, und die Abstoßung durch eine halbe Umdrehung dieser Nadel, welche das andere Ende desselben auf die Seite des Leiters bringt; ist die Nadel der Wirkung der Erde nicht entzogen, so zeigt die Abnahme oder die Zunahme des Quadrats der Zahl der Schwingungen in gleichen Zeiten, die Energie der Abstoßung oder der Anziehung an, welche der leitende Draht ausübt.

Diese Thatsachen folgen aus unserer Theorie. Da der leitende Draht sich anfangs in einer Horizontalebene in gleicher Höhe mit der Nadel befindet, so liegen die entgegengesetzten Ströme, die über und unter der Axe des Magnets laufen, symmetrisch und in gleichen Entfernungen von dem Drahte; ihre entgegengesetzten Wirkungen heben sich also wechselseitig auf, und der Draht übt in der Horizontalebene keine richtende Wirkung auf die Nadel aus. Er strebt nur sie zu neigen, und neigt sie wirklich, wenn sie sich frei in einer verticalen Ebene bewegen kann; denn es ist einleuchtend, daß, wenn der Strom des Drahtes, der in der Höhe der Axe angebracht ist, z. B. die Richtung der untern Ströme des ihm nahen Pols hat, er diese nach oben zieht, auch die obern ihm entgegengesetzten Ströme nach oben abstößt, und daß dieser Pol sich kraft dieser doppelten Wirkung erheben muß. Die horizontale richtende Kraft, welche

sich dann offenbart, wenn man den Draht über die Nadel erhebt, hängt von der Ungleichheit der entgegengesetzten Wirkungen ab, welche der leitende Draht auf die Ströme des Magnets ausübt, die sich über und unter der Axe dieser Nadel befinden und entgegengesetzte Richtungen haben.

Um diese richtende Kraft zu bekommen, zerlege man, wie Art. 54 geschah, die Wirkung des Stromes in zwei Kräfte, in eine senkrechte, welche keinen Effect auf die in einer Horizontalebene gehaltene Nadel hervorbringt, und in eine in dieser letztern Ebene gelegene, welche allein wirkt die Nadel schwingen zu machen. Nun haben wir in dem angeführten Artikel gesehn, daß die horizontale Seitenwirkung immer von derselben Natur ist, wie die durch den Leiter auf die Ströme des obern Theils der Nadel, welchem er am nächsten ist, ausgeübte Wirkung: die Natur dieser Seitenwirkung verändert sich also nicht mit den verschiedenen Lagen, welche man dem Strome über der Nadel geben kann. Was die senkrechte Kraft anlangt, welche die Nadel zu neigen strebt, so würde sie sich im Gegentheil mit der Lage des Drahtes verändern, und bald anziehend bald abstoßend seyn, je nachdem man den Strom des Drahtes, immer noch über der Nadel, entweder in den Raum zwischen zwei durch die Pole des Magnets gelegte und auf seiner Axe senkrechte Ebenen brächte, oder außerhalb desselben, wie wir Art. 49 gesehn haben.

60. Die Anordnung der Ströme des Magnets in geschloßne Kurven in auf der Axe senkrechten Ebenen (Fig. 15 und 16) ist der des Stromes in dem kreis-

förmigen leitenden Drahte (Fig. 6), oder in dem beweglichen rechtwinkligen Drahte DFGM (Fig. 3), analog. Die Analogie würde vollständig seyn, wenn in diesem letztern Falle der Kreis des Drahtes geschlossen wäre, wie er es in Erman's beweglicher Säule aus einem Elemente ist. Auch haben wir gesehn, daß die Erde diese Leiter (Fig. 3 und 6) richtet, und ihre Ebene senkrecht auf den magnetischen Meridian stellt, wie eine Ebene, die senkrecht auf der Axe der gewöhnlichen Magnetnadel wäre. Ein solcher Leiter muß daher einem der Ströme abcd, a'b'c'd' des in Fig. 16 dargestellten Durchschnitts eines Magnets assimilirt werden. Ampère ahmte anfangs die Anordnung der Ströme eines Magnets so nach, daß er den Draht mehrere Male um denselben Mittelpunkt bog, so daß derselbe eine Spirale bildete (Fig. 28). Diese Spirale, gehörig aufgehangen, wird durch die Erde gerichtet und geneigt wie der Aequator einer Magnetnadel, durch eine derjenigen ähnliche Wirkung, welche die einfachen Drähte der Leiter in Fig. 6 und 12 neigt. Allein der merkwürdigste Effect dieser Anordnung des Drahtes besteht in der sehr energischen Wirkung des Magnets auf diese Spiralen, deren vervielfachte Drähte den Strömen analog sind, welche in einem und demselben Durchschnitte des Magnets Statt finden.

Um diese Effecte frei von dem Einfluß der Erde zu beobachten, muß man den Leiter Fig. 29 an den Schalen des Apparats in Fig. 3 aufhängen, nach der Methode, welcher wir uns bisher bedient haben. Die beiden Spiralen, aus welchen dieser Leiter ABCDEF be-

steht, sind so angeordnet, daß die Wirkung der Erde sie nach entgegengesetzten Richtungen zu drehen strebt und ihnen folglich keine Bewegung mittheilen kann. Man hält das Ende des Magnets dem Mittelpunkte einer der Spiralen gegenüber; geht in dieser Spirale der Strom um den Mittelpunkt nach derselben Richtung, wie die Ströme des Magnets um dessen Axe, so findet Anziehung Statt, und Abstoßung im entgegengesetzten Falle. Nach den oben festgesetzten Prinzipien über die Richtung der Ströme im Magnet, und wenn wir die Art und Weise berücksichtigen, auf welche die Verbindungen gemacht sind, um einen electrischen Strom in der Spirale hervorzubringen, können wir den Effect voraus sehn, welcher Statt finden muß, und diese Wirkung zeigt sich bei einer Entfernung von mehrern Decimetern.

Ein und dasselbe Ende des Magnets, successiv den beiden Flächen einer Spirale genähert, zieht diese auf einer Seite an und stößt sie auf der andern ab. Und nothwendig, wenn in dem erstern Falle die Ströme des Magnets und der Spirale nach einer und derselben Richtung gekehrt sind, und sich anziehen, werden sie im zweiten, nachdem man dasselbe Ende des Magnets auf die andere Seite der Spirale gebracht hat, die entgegengesetzte Richtung haben, und es wird Abstoßung Statt finden.

Umgekehrt zieht eine befestigte Spirale einen beweglichen Magnet an und stößt ihn ab, wenn man ihren Mittelpunkt dem Ende des Magnets gegenüber bringt; und läßt man auf eine bewegliche Spirale eine andere unbewegliche wirken, so wird die bewegliche Spirale an-

gezogen oder abgestoßen, je nachdem ihre Ströme gleiche oder entgegengesetzte Richtungen haben.

61. Noch vollkommner hat der nämliche Physiker die Ströme des Magnets durch die der verschiedenen Windungen eines Drahtes nachgeahmt, welchen man um eine Glasröhre z. B. so windet, daß er eine Schraube mit sehr wenig von einander abstehenden Gängen bildet. Die Oberfläche der Röhre ist alsdann von einer großen Anzahl von Strömen bedeckt, die in Windungen verlaufen, welche wenig von den Circumferenzen abweichen, deren Ebenen auf der Axe der Röhre senkrecht wären. Man kann (Art. 44) den Strom der Schraube zerlegen, und als um die Röhre in einer auf der Axe senkrechten Richtung sich drehend, und gleichzeitig von einem Ende zum andern parallel mit dieser Axe fortschreitend betrachten. Um den Effect, welchen er beim Drehen um die Röhre hervorbringt, von dem zu isoliren, welcher aus seiner Bewegung nach den der Axe Parallelen hervorgeht, muß man diesen letztern Effect neutralisiren, indem man denselben Strom in gerader Linie durch die Axe zurückführt. Alsdann bleibt nur der Effect der kreisförmigen Ströme übrig, und die Analogie eines solchen Apparates mit einem Magnet behauptet sich durchgängig; das Ende der Schraube, welches sich für einen Beobachter, der in diese Ströme gestellt wäre und aus der Schraube nach außen sähe, zur rechten der kreisförmigen Ströme befindet, wirkt auf die Magnetnadel und auf die leitenden Drähte, wie wir den Südpol des Magnets haben wirken sehn, der in Bezug auf die Ströme des Magnets eben so gelegen ist.

82. Ein nach diesen Prinzipien zusammengesetzter Apparat ist in Fig. 23 abgebildet. Der doppelte Schraubengang AB wird von einem Stift NK getragen, welcher ihm die Freiheit läßt, sich wie eine gewöhnliche Magnetnadel umzudrehn. Der Strom kommt durch die Schale N, in welcher die Schraubengänge aufgehangen sind. Von da geht er mit dem Drahte NKHF in die Röhre FEB, aus welcher er in B hervorkommt, um die Schrauben, welche die Röhren BE und CA umgeben, und deren Windungen eine und dieselbe Richtung haben, zu durchlaufen. In A angelangt, geht der Draht wieder in die Röhre AC, und am Ende D aus ihr heraus um sich in die Schale M zu senken, welche man mit dem negativen Pol der Säule in Verbindung setzt, während die Schale N mit dem positiven verbunden ist.

Da in den Schrauben BE, CA die Bewegung des Stromes längs der Axe durch die entgegengesetzten Bewegungen desselben Stromes in den innern Drähten EB, AC, compensirt ist, so bleibt nur die transversale kreisförmige Bewegung der Ströme übrig. Für einen in diese Ströme gestellten, und aus der Schraube heraus sehenden Beobachter würde das Ende A zur Rechten seyn; und eben dieses Ende ist es, welches alle vom Südpol der Magnete bekannte Phänomene darbietet. Die Pole A und B dieser Nadel werden von den Magneten angezogen und abgestoßen, wie die Pole einer gewöhnlichen Magnetnadel: auch auf die leitenden Drähte äußern sie denselben Effect; und wenn diese Nadel nicht von selbst durch die Wirkung der Erde gerichtet wird, so muß man dieses dem kleinen Durchmesser der Schrau-

benwindungen, und dem Mangel einer hinlänglichen Beweglichkeit am Suſpenſions-Punkte zuſchreiben. Führte man ſie in mehr vergrößertem Maaßſtabe aus, ſo würde man unbezweifelt dieſen Effect erlangen, weil man ihn, wie wir geſehn haben, mit einem beweglichen Kreiſe (Fig. 6) von drei Decimeter im Durchmeſſer, und mit noch kleinern Spiralen erhält.

Man kann ſich auch anſtatt der in Fig. 23 dargeſtellten Art und Weiſe, den Apparat aufzuhängen, derjenigen bedienen, welche wir für alle bewegliche Leiter angewendet haben; es reicht zu dem Ende hin, die Spitze N in die obere Schale A des Apparates (Fig. 3) zu ſtellen, und das andere Ende G (Fig. 23) in das Queckſilber der untern Schale B deſſelben Apparates zurückzuführen, ohne daß dieſes Ende den Boden derſelben berühre, wie Fig. 29 für die doppelte Spirale vorſtellt: beide Apparate ſind mit gleichem Erfolg gebraucht worden.

63. Um die Wirkungsweiſe des um eine Röhre ſchraubenförmig gewundenen Leiters beſſer einzuſehn, muß man in Uebereinſtimmung mit dem, was Art. 44 geſagt worden iſt, bedenken, daß man an die Stelle des Stroms einer ſehr kleinen Portion einer Schraubenwindung zwei andere kleine Ströme unter rechten Winkeln ſetzen kann; einen der Axe der Schraube parallel gerichteten und an Länge der Größe gleichen, um welche der kleine Schraubenbogen ſich in der Richtung dieſer Axe von ſeinem Anfange an bis zu ſeinem Ende erhebt; und den andern in einer auf jenem ſenkrechten Ebene und nach der Circumferenz des Kreiſes, welcher durch eine auf der Axe

des Cylinders, um welchen die Schraube gewunden ist, senkrechte Ebene bestimmt wird, gerichteten, der die Projection des Schraubenbogens auf die erwähnte Circumferenz zur Länge hat. Vereinigen wir hierauf die ähnlichen Wirkungen, welche von allen den kleinen Portionen einer ganzen Windung ausgeübt werden, so sehen wir, daß die Vereinigung der durch die kleinen der Axe parallelen Ströme ausgeübten Wirkungen an Werth einem Strome gleich ist, der den Schraubengang zu seiner Länge hat und ihrer Axe parallel geht, während die Vereinigung aller Wirkungen der kleinen transversalen Ströme sich auf die eines kreisförmigen Stromes reducirt, der die Circumferenz des Cylinderdurchschnitts, durch eine auf dessen Axe senkrechte Ebene, zur Länge hat; und hieraus folgt, daß der durch Vereinigung aller Windungen hervorgebrachte Effect aus den Effecten besteht, welche 1) ein nach der Axe der Schraube gerichteter Strom, und mit derselben von gleicher Länge, und 2) so viel Ströme in auf der Axe senkrechten Kreiscircumferenzen, als die Schraube Windungen hat, hervorbringen würden.

Um den Effect des erstern dieser Ströme zu beobachten, läßt man die Schraube auf einen geradlinigen Schenkel eines beweglichen Leiters wirken, der der Axe der Schraube parallel ist; diese wirkt alsdann für die Wahrnehmung wie ein geradliniger Strom, der an Länge ihrer Axe gleich ist. Um hingegen die Wirkung der kreisförmigen Ströme zu isoliren, neutralisirt man den der Axe parallelen Strom vermittelst eines Drahtes, der innerlich durch die Axe der Röhre zurückgeht, und ahmt

so alle Effecte der Ströme nach, welche in geschlossenen Kurven um die Axe des Magnets Statt finden.

64. Sobald die Versuche Oersteds in Frankreich bekannt wurden, untersuchte Arago, der sie vor der Akademie der Wissenschaften wiederholt hatte, ob die Wirkung der leitenden Drähte wie die der Magnete auch auf Körper ausgeübt würde, welche die magnetische Kraft anzunehmen fähig wären, denen man aber dieselbe noch nicht mitgetheilt hätte. Er probirte also die Wirkung eines leitenden Drahtes auf Eisenfeile, und sahe, daß der Draht sich reichlich mit dieser Feile belud, und sie wie ein Magnet aus der Ferne anzog. Hob man die Verbindung der beiden Pole der Säule mit dem Drahte auf, und hemmte man so den Strom, so fiel die Feile ab. Die Wirkungen waren anderer Natur, als die gewöhnlichen electrischen, denn Kupferfeile, Messingfeile und Sägespäne wurden von dem leitenden Drahte nicht angezogen. Nimmt man anstatt der Eisenfeile kleine Stahlstückchen, so kann man diesen einen bleibenden Magnetismus mittheilen, und Arago magnetisirte auf diese Art vollkommen eine Nähnadel.

65. Arago theilte diese Versuche Ampère mit, und nach den Betrachtungen die dieser letztere über das Vorhandenseyn und über die Richtung der electrischen Ströme in den Magneten angestellt hatte, glaubten sie, daß wenn man einen Stahlstab mit den Windungen eines schraubenförmig gedrehten leitenden Drahtes umgäbe, in diesem Stabe Ströme nach der nämlichen Richtung wie in der umgebenden Schraube hervorgebracht werden würden; dergestalt daß von den beiden Enden des Sta-

des dasjenige ein Südpol werden würde, welches sich zur Linken der transversalen Ströme der Schraube befände, für einen Beobachter nämlich, der in diese Ströme gestellt wäre und den Stab ansähe, weil dieses Ende sich zur Rechten des Beobachters befindet, wenn er in die im Stabe sich entwickelnden Ströme gestellt ist, das Gesicht der Schraube zugekehrt.

Ferner erfuhr Arago, als er zwei Schrauben nach entgegengesetzter Richtung um eine und dieselbe Röhre wand und in jede einen Stahldraht brachte, daß sie, in Uebereinstimmung mit dem, was die Theorie angibt, entgegengesetzt magnetisirt wurden, so daß es also hinreicht die transversale Richtung des Stromes umzukehren, um die Pole des Stabes, welchen man magnetisiren will, umzukehren. Mit einem einzigen Stahldrahte, der in zwei verschiedene, um eine und dieselbe Röhre nach entgegengesetzter Richtung gewundene Schrauben gebracht ist, erhält man in dem Theile desselben, welcher der Vereinigung der beiden Schrauben entspricht, einen der Zwischenpole, die man consequente Punkte nennt; dergestalt daß die beiden Enden des Stabes z. B. beide den Nordpol haben, während die Mitte alle Eigenschaften eines Südpols zeigt. In der That, wenn man von dem Ende des Stabes ausgeht, wo der Strom der Schraube einen Nordpol hervorbringt, und bei dem Drahte der Schraube gegen die Mitte des Stabes hin stehen bleibt, so findet sich daselbst ein Südpol, und da in dem andern Theile des Stabes der Strom sich nach entgegengesetzter Richtung dreht, so findet sich in diesem zweiten Theile des Stabes gleich zu Anfange ein zweiter Süd-

pol, der mit dem ersten zusammen stößt, und dann am Ende dieses Theiles ein Nordpol. Mit demselben Verfahren, und indem man nur mehrere Male die transversale Richtung der Windungen der verschiedenen den Draht umgebenden Schrauben umkehrt, kann man an einem und demselben Stabe so viele consequente Punkte hervorbringen als man will.

Auch versicherte sich Arago davon, daß ein gerader leitender Draht nicht wirkt eine Nadel zu magnetisiren, die man seiner Länge parallel bringt. Und man sieht auch in der That, daß der Draht alsdann keinen transversalen Strom darin hervorbringen kann. Seitdem hat H. Davy mit dem geraden Drahte kleine Stahlnadeln magnetisirt, indem er sie transversal und von einem Ende zum andern, immer in der nämlichen Richtung, an einem leitenden Drahte rieb, auf welchem die Länge der Nadel senkrecht war; auch dieses folgt aus unserer Theorie.

66. Diese Resultate, welche Arago mit der Säule erhalten hatte, ergänzte er, indem er dieselben Effecte vermittelst der gewöhnlichen Electricität hervorbrachte. Es reicht zu dem Ende hin, eine Reihe aus dem Leiter der Electrisirmaschine gezogener Funken durch die Windungen einer Schraube gehen zu lassen. Zieht man sie aus einem positiven Leiter, so ist der Effect für die Magnetisirung des von der Schraube umgebenen Drahtes der nämliche, als wenn das Ende dieser Schraube, welches die Funken empfängt, mit dem positiven Pole der Säule in Verbindung stünde. Zieht man aber die Funken aus einem negativen Leiter, so ist der Effect entgegengesetzt. Schon mehrere Physiker hatten versucht,

den Stahl durch electrische Entladungen, welche sie durch ihn hindurch gehn ließen, zu magnetisiren. Auf diesem Wege erhielt man nie einen Magnetismus nach bestimmter Richtung und ohne Zweifel hing dann der hervorgebrachte Effect von einiger kreisenden Bewegung der Electricität ab. Arago sorgte in seinen Versuchen dafür, daß die Electricität nicht durch den Stahldraht gehen könne, und schloß diesen sogar mehrmals in eine an der Lampe zugeschmolzene Glasröhre ein.]

Blitze, welche auf Schiffe fielen, haben zuweilen die Pole der Bouſſolen umgekehrt. Diesen Effect kann man aus den vorhergehenden Erfahrungen erklären, wenn man annimmt, daß die atmosphärische Electricität auf die Magnetnadeln wirkte, indem sie sich um dieselben drehte; selbst dann, wenn der Blitz nur einen kleinen Theil einer Circumferenz um sie beschrieben hätte, würde der durch eine so energische Ursache hervorgebrachte Effect sehr groß gewesen seyn können.

67. Eine sehr einfache Art, sich einen beweglichen Strom zu verschaffen, ist die von de la Rive angewendete. Sein Apparat besteht in zwei kleinen Platten C, Z, (Fig. 32) einer kupfernen und einer zinknen, die man in ein Stück Kork SS' befestigt, so daß sie auf dem säuerlichen Wasser schwimmen können, welches als Leiter des electrischen Stromes dient den man herstellt, indem man durch einen Draht die kleine Kupferplatte mit der Zinkplatte verbindet; diesem Drahte kann man hierauf jede beliebige Gestalt geben, die des Kreises, der Spirale, der doppelten Schraube u. s. w. und auf diese Weise einen Theil der Versuche über die Wechselwirkung

zwischen einem Magnet und einem Volta'schen Leiter wiederholen, von welchen wir weiter oben geredet haben. Hält man dem Mittelpunkte des schwimmenden Kreises CAZ den Pol eines Magnets, in welchem die Ströme nach derselben Richtung gehen wie der in diesem Kreise etablirte Strom, gegenüber; so findet man daß der Kreis angezogen wird, und sich nach dem Magnet hinbewegt; und hält man die Axe des letztern so, daß sie auf der Ebene des Kreises senkrecht ist und durch dessen Mittelpunkt geht, so sieht man den Kreis im beständigen Gleichgewicht stehen bleiben, wenn er der Mitte des Magnets gegenüber ist, was daher rührt, daß alle Durchschnitte des Magnets ihn zugleich anziehen. Bei einer entgegengesetzten Richtung der Ströme im Kreise, wird dieser von allen Durchschnitten zurückgestoßen, und er befindet sich, wenn er der Mitte des Magnets gegenüber ist, im unbeständigen Gleichgewicht, dergestalt daß, wenn er angefangen hat nach einer Seite zu gehen, er sich fortwährend von der Mitte entfernt, endlich das Ende des Magnets überschreitet, und sich hierauf unbestimmt von ihr entfernt.

68. Man könnte sich in gewissen Fällen der Wirkung der Säule auf die Magnetnadel bedienen, um Nachrichten in die Ferne zu geben. Man muß alsdann einen ziemlich dicken leitenden Draht anwenden, weil der electrische Strom in den feinen Drähten an Stärke bedeutend abnimmt, wenn die Länge der schließenden Kette beträchtlich ist; dieser Uebelstand findet nicht Statt, wenn der Draht einen hinlänglich großen Durchmesser hat, und die Nadel geräth alsdann in Bewegung, so wie

man die Verbindung herstellt. Wir halten uns nicht dabei auf, die Fälle zu untersuchen, wo diese Art von Telegraph einigen Nutzen leisten würde und an die Stelle des Sprachrohrs, und anderer Mittel Signale fortzupflanzen, treten könnte. Sömmerring hatte einen Telegraph der nämlichen Art erdacht, aber anstatt sich der Wirkung eines Gebundes von Drähten auf soviel Magnetnadeln, als es Buchstaben gibt, zu bedienen, schlug er vor, die Zersetzung des Wassers in eben so viel einzelnen Gefäßen zu beobachten.

69. Es ist nicht nothwendig eine Säule von mehrern Paaren zu haben, um die Effecte der electrischen Ströme hervorzubringen. Oersted hat gezeigt, daß man die Magnetnadel abweichen machen kann, wenn man über ihr einen gewöhnlichen Messingdraht anbringt; an dessen einem Ende man einen Kupferdraht, am andern einen Zinkdraht angelöthet oder damit zusammengedreht hat. In dem Augenblicke, wo man den Kupferdraht und den Zinkdraht in ein und dasselbe Gefäß mit säuerlichem Wasser taucht, geräth die Nadel in Bewegung. Derselbe Leiter wirkt aus einer Entfernung von mehrern Millimetern auf die schwimmende Nadel (Art. 54), und mit Hülfe des Apparates (Art. 53), welcher an einem seidenen Faden aufgehangen wurde, erhält man eben sowohl die wechselseitigen Anziehungen und Abstoßungen der electrischen Ströme, als ihre Richtung durch die Wirkung der Erde. Freilich erhält man durch dieses Verfahren, das weit einfacher ist als die von Ampère eingeschlagenen, als er diese Phänomene entdeckte, nur unendlich schwächere Wirkungen; indessen reichte de la Rive damit aus, um

das so merkwürdige Phänomen der Richtung des Volta'schen Kreises durch die Erde hervorzubringen. Auch Babinet erhielt nach de la Rive das nämliche Resultat, aber zu einer Zeit, wo er noch keine Kenntniß von der Arbeit dieses letztern hatte; sein Verfahren wurde Art. 53 beschrieben.

70. Schweigger erlangte sehr energische Wirkungen mit einer Volta'schen Säule von einem einzigen Paare, indem er die beiden Enden derselben durch einen mit Seide übersponnenen Draht verband, der mehrfach aufgewunden ist, so daß der Strom zwischen dem in säuerliches Wasser getauchten Kupfer und Zink so viel Circumferenzen beschreiben muß, als man will; man erhält auf diese Weise eine richtende Kraft von um so mehr Energie, je mehrmal dieser Draht aufgewickelt wurde. Diese Apparate sind von ihrem Erfinder auf verschiedene Weise abgeändert worden, und haben ihm zu sehr interessanten Versuchen gedient; sie sind vorzüglich durch die große Kraft merkwürdig, mit welcher die Magnete auf sie wirken, und dadurch, daß sie das einfachste Mittel an die Hand geben, die Eigenschaften der leitenden Drähte außer Zweifel zu setzen und mit Gewißheit anzugeben, in welchen respectiven Lagen der Ströme des Magnets und des Stromes des Volta'schen Kreises Anziehung oder Abstoßung zwischen beiden Statt finden.

Wechselwirkungen zwischen den Magneten.

71. Die allgemeine von uns zu lösende Aufgabe, wenn wir die Wirkung zweier Magnete auf einander in

allen ihren Details verfolgen wollen, besteht darin, die Kräfte zu finden, welche aus allen Wirkungen der in jedem Punkte der Masse zweier Magnete, zwischen deren Molecüls wir dieselbe electrische Anordnung wie zwischen den Elementen der Volta'schen Säule angenommen haben, befindlichen Ströme hervorgehn. Der Magnet ist durch die vereinigten Wirkungen aller Stromtheile thätig, aus welchen er, so zu sagen, zusammengesetzt ist, wenigstens wenn man ihn nur unter dem Gesichtspunkt der Effecte, die er hervorbringt, betrachtet. Es wird daher in die Berechnung jeder Wechselwirkung zwischen zwei kleinen Stromportionen eingehn müssen, 1) die Energie des Stromes in jedem der beiden in Rede stehenden Theile, — eine Energie, die wegen der wechselseitigen Anziehung der Ströme eines und desselben Magnets, wie dieß Ampère zur Zeit seiner Untersuchungen über diesen Gegenstand ausgesagt hat, um so größer seyn muß, je näher die Ströme der Mitte sind, eben so wie in der Erdkugel (Art. 19); 2) das Gesetz, nach welchem (Art. 16) die Wechselwirkung zwei kleiner, in einer und derselben Ebene gelegenen Stromportionen abnimmt, wenn nicht beide auf der Linie senkrecht sind, welche ihre Mitte verbindet; 3) das Gesetz in Betreff der Abnahme dieser Wirkung, wenn die beiden kleinen Portionen sich nicht in einer und derselben Ebene befinden, indem die Wirkung alsdann mit dem Winkel variirt (Art. 17), den die beiden durch die Richtungen dieser kleinen Portionen, und durch die ihre Mitten verbindende Linie gelegten Ebenen machen; 4) endlich noch das Gesetz, daß dieselbe Wirkung, unter übrigens ganz gleichen Bedingungen,

im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung ist.

Die Rechnung, auf diese Gesetze angewandt, bestimmt alle Effecte, die zwischen zwei Magneten, oder allgemeiner zwischen zwei Vereinigungen electrischer Ströme Statt finden müssen, deren Energie und Richtung in jedem Punkte des Raums, durch welchen sie vertheilt sind, man kennt; und umgekehrt kann man aus dem durch die Erfahrung Gegebenen die Constitution wieder finden, welche für die Ströme in den verschiedenen Punkten des Magnets angenommen werden muß, damit sie die beobachteten Thatsachen immer von Neuem hervorbringen könne. Die Auseinandersetzung der Theorie, innerhalb der Gränzen, in welche wir sie hier einschließen, erlaubt nicht, die algebraischen Entwickelungen und die daraus hergeleiteten Formeln zu geben. Wir wollen nur zeigen, wie man aus den bisher aufgestellten Prinzipien die verschiedenen Umstände erklären kann, welche die Wechselwirkung zwei schon magnetisirter Stäbe darbietet, so wie die Wirkung, welche ein magnetisirter Stab auf einen andern Stab ausübt, um ihm die magnetische Kraft mitzutheilen.

72. Um uns eine klare Idee von der Wechselwirkung zweier Magnete zu verschaffen, rufen wir uns das ins Gedächtniß zurück, was (Art. 18 und 19) von der Wirkung der Erde auf einen Magnet gesagt worden ist. Wir haben gesehn, daß die electrischen Ströme im der Erde von Ost nach West gehn, und auf den magnetischen Meridian senkrecht sind, wie dieß die Richtung andeutet, welche der untere Theil eines beweglichen Leiters

(Fig. 6 und 12) annimmt, in welchem der Strom stets von Ost nach West geht, wenn der Leiter sich in der Richtung fixirt hat, die die Erde ihm zu geben strebt. Man muß daraus schließen, wie wir auch gethan haben, daß in einem durch die Erde gerichteten Magnet die Ströme, welche seine Axe in geschlossenen Kurven umgeben, in dem untern der Erde nähern Theile desselben von Ost nach West, im obern von West nach Ost gehen, und daß sie westlich vom Magnet aufwärts, östlich abwärts steigen.

Da in der Erde die Ströme von Ost nach West gehn, so befindet sich für einen Beobachter, der in diese Ströme gestellt wäre und die Magnetnadel, welche sie richten, ansähe, der Südpol zu ihrer Rechten. Nach dem was wir gesehn haben, muß die Nadel sich so stellen, daß die Ströme in ihrem untern, der Erde zunächst gelegenen Theile ebenfalls von Ost nach West gerichtet sind, und dann wird ein in diese Ströme gestellter und die Erde ansehender Beobachter zu seiner Rechten den Pol der Nadel haben, welcher nach Nord gerichtet ist. Also ist nach der Theorie die Lage, in welcher sich ein Magnet fixirt, diejenige, in welcher die Pole der Erde und dieses Magnets, die von verschiedener Natur sind, nach denselben Seiten im Raume gekehrt sind, wie die Beobachtung gibt. Wir verstehen hier, wie Art. 30, unter Polen von verschiedener Natur zwei Pole, deren einer zur Rechten, der andere zur Linken der Ströme ist, indem wir die Rechte und Linke so bestimmen, wie wir in diesem Artikel gethan haben. Es leuchtet jetzt ein, daß sich das nämliche Raisonnement unmittelbar auf die

Richtung eines Magnets durch einen andern anwenden läßt. Wenn der bewegliche sich fixirt hat, so müssen die benachbarten Ströme in den beiden Magneten eine und dieselbe Richtung haben. Da jeder der beiden in diese Ströme gestellten Beobachter, welche sich gegenseitig ansehn, seinen Rücken der Axe seines Magnets zukehrt, so haben beide den Südpol zu ihrer Rechten, und da die Rechte des einen der Linken des andern entspricht, so kehren beide Magnete ihre verschieden benannten Pole nach denselben Punkten im Raume. Daß dieß wirklich der Fall ist, haben wir nicht nöthig zu wiederholen.

73. Wenn zwei Magnete durch die Erde gerichtet werden, so kehren sie ihre gleichnamigen Pole einer und derselben Seite des Raumes zu. Denken wir sie uns, wie abcd, a'b'c'd' (Fig. 33), von gleicher Länge und neben einander befindlich. Wenn ihre gleichnamigen Pole sich nahe sind, so werden sie sich abstoßen. Und in der That gehn auch die Ströme in den einander zugewandten Flächen der beiden Magnete nach entgegengesetzter Richtung. Dieses deutlicher einzusehn, denken wir uns diese beiden Magnete horizontal, in gleicher Höhe, und in der Lage, welche ihnen die Wirkung der Erde gibt, und so, daß der eine westlich, der andere östlich vom andern sich befinde. Ihre sich gegenseitig zugekehrten Ströme werden für den nach Abend gelegenen Magnet die östlichen, für den nach Morgen gelegenen die westlichen seyn. Nun steigen die östlichen Ströme eines horizontalen, durch die Erde gerichteten Magnets abwärts, die westlichen dagegen aufwärts; es wird also zwischen den Strömen dieser Magnete die Abstoßung Statt finden,

welche die Erfahrung gibt. Dreht man den einen dieser Magnete um zwei rechte Winkel um seinen Mittelpunkt, ohnedaß er aus der senkrechten Ebene komme, in welcher er anfänglich war, so wird das eine seiner Enden an die Stelle des andern treten; alsdann werden auch die Ströme desjenigen Theils, welcher dem andern Magnet zunächst sich befindet, eine ihrer anfänglichen entgegengesetzte, folglich die Ströme der beiden einander zugekehrten Flächen nun eine und dieselbe Richtung haben, und es wird daher Anziehung in dieser neuen Lage Statt finden, in welcher übrigens, wie man sieht, die ungleichnamigen Pole auf einer und derselben Seite befindlich sind.

74. Die beiden Magnete abcd, a'b'c'd' (Fig. 33), deren gleichnamige Pole A und A', B und B', einander nahe sind, stoßen sich ab; diese Abstoßung rührt daher, daß die Ströme derjenigen Fläche des Magnets A'B', deren Projection a'b' ist, aufwärts, und in der jener zugekehrten Fläche cd des Magnets AB abwärts steigen. Die gegenseitige Wirkung der Ströme dieser beiden Flächen, oder allgemeiner, aller ähnlichen Flächen der Hüllen, aus welchen man sich den Magnet zusammengesetzt denken kann, bestimmt (Art. 29), die Natur der Wechselwirkung der beiden Magnete. Etwas anderes aber ist es, wenn die beiden Magnete, ohne daß sie aufhören parallel zu seyn, einander nicht mehr gegenüber sind, wie in Fig. 34. Man sieht in der That, daß die Ströme der Fläche cd nicht mehr in dem vorigen Grade den Vortheil der Nähe und der directen Wirkung haben, um die der Fläche a'b' abzustoßen, und wenn es erlaubt wäre, sich auf die Wechselwirkungen der vier senkrechten

Flächen, deren Projectionen ab, cd, a'b', c'd' sind, zu beschränken, so würde man leicht sehn, daß zwischen cd, a'b', und zwischen ab und c'd', Abstoßung Statt findet, während zwischen ab und a'b', und zwischen cd und c'd' Anziehung ist; beachtet man nun, daß die Abstoßung der einander zugekehrten Flächen cd und a'b' durch die Schiefheit mehr abnimmt, als die Anziehung zwischen ab und a'b', cd und c'd', so sieht man leicht, daß es eine gewisse Lage der beiden Magnete gibt, wo die Abstoßung aufhört um der Anziehung Platz zu machen, wie die Erfahrung bestätigt.

75. Sollte über diesen Gegenstand nichts zu wünschen übrig bleiben, so müßte es uns hier erlaubt seyn, die Rechnung zu Hülfe zu nehmen, und ihr die Wechselwirkung zwei solcher Ströme in geschlossenen Kurven, aus welchen wir uns die Magnete zusammengesetzt denken, zu unterwerfen. Nehmen wir z. B. an, daß die beiden Ströme Circumferenzen von Kreisen durchlaufen, deren Ebenen senkrecht sind, und halten wir sie in verschiedenen Lagen gegen einander, doch so daß die Mittelpunkte der beiden Circumferenzen immer in gleicher Entfernung, in gleicher Höhe, und ihre Ebenen parallel bleiben. Es sey ad (Fig. 31) die horizontale Projection der Circumferenz, nach welcher der eine dieser Ströme verläuft. Ferner seyen a'd', a''d'', a'''d''', die Projectionen des andern Stromes in den verschiedenen Lagen, welche wir ihm nach und nach geben. Es ist leicht zu sehn, daß in der Lage a'd' des zweiten Stromes, wo er dem ersten gegenüber ist, Anziehung zwischen beiden Statt findet. Diese Anziehung nimmt in dem Maße ab, als der zweite Strom

sich aus der Lage a'd' entfernt, so daß sie bei einer bestimmten Schiefheit der Ebenen der beiden Circumferenzen gegen die Linie, welche ihre Mitten verbindet, Null wird, wenn sich der Strom z. B. in a''d'' befindet, und geht dann nach Ueberschreitung dieser Gränze in eine abstoßende Wirkung über, welche immer zunimmt, bis der zweite Strom in a'''d''' mit dem ersten in eine Ebene kommt.

76. Man sieht hieraus, daß wenn die beiden Magnete AB, A'B', einander nicht gegenüber, sondern wie in Fig. 34 gelegen sind, Abstoßung zwischen allen benachbarten Strömen Statt findet, deren Ebenen gegen die ihre Mitten verbindende Linie eine größere Schiefheit haben, als die ist, wo die Abstoßung sich in Anziehung verwandelt, während zwischen allen übrigen Anziehung Statt findet, deren Schiefheit geringer ist, und es wird so begreiflich, daß wenn man den einen Magnet so bewegt, daß zwei ungleichnamige Pole wie A B' einander immer näher gebracht werden, es einen Punkt gibt, wo die Abstoßung sich in Anziehung verwandelt. Denn die Anzahl der Ströme, deren Lage derjenigen von ad, a'''d''' (Fig. 31) analog ist und zur Abstoßung Veranlassung gibt, nimmt ab, die Anzahl derer aber, welche sich anziehn, weil ihre respective Lage sich der von a'd' in Bezug auf ad nähert, zu. Aus diesem Grunde ziehen sich zwei Magnete in der Fig. 34 vorgestellten Lage an, wenn der Pol B' des Magnets A'B' einem nahe genug an A gelegenen Punkte des andern Magnets entspricht. Alsdann sind zwei ungleichnamige Pole A und B' in gegenseitiger Nähe.

Eben so, wenn man von der Lage zweier Magnete ausginge, wo ihre Axen in einer und derselben Geraden gelegen sind und sich anziehn, was dann Statt hat, wenn die ungleichnamigen Pole einander nahe sind und die Ströme der beiden Magnete die nämliche Richtung haben, würde man sehn, wenn man sie aus dieser Lage in die der 34sten Fig. brächte, daß die Anziehung immer schwächer, und wenn man die Lage nach derselben Richtung zu verändern fortfährt, Null wird und endlich der Abstoßung Platz macht: alsdann sind zwei gleichnamige Pole in gegenseitiger Nähe.

77. Um einen der Fälle zu untersuchen wo die Magnete wirken, ohne daß ihre Axen parallel sind, wollen wir von der Lage ausgehn, welche die beiden Magnete AB, A′B′ (Fig. 33) einnehmen, wo die beiden benachbarten Pole A und A′ sich abstoßen, und den Magnet A′B′ nach A″B″ versetzen, von wo aus er auf den Magnet AB wirke; er wird in dieser Lage noch die Abstoßung erleiden müssen, welche man in jenem Falle wahrnimmt. In der That stoßen sich die Ströme der Flächen cd, a″b″, noch ab, wie in der vorigen Lage, obgleich schwächer, wegen der Zunahme der Entfernung; aber es stößt auch noch der aufsteigende Strom in a z. B. den herabsteigenden in d″ ab. Gehen wir hierauf zu dem letzten Falle über, wo die Axen der beiden Magnete AB, A‴B‴ in eine Linie fallen, und ihre gleichnamigen Pole einander nahe sind, so sieht man, daß die Ströme, deren Projection z. B. ad ist, sich denjenigen entgegengesetzt bewegen, deren Projection a‴d‴ ist, und

daß überhaupt zwischen jeden zwei Durchschnitten der beiden Magnete Abstoßung Statt hat.

Wendet man die Rechnung auf diese Phänomene an, so bezieht sich der Fall, welchen wir so eben untersucht haben, wo die Axen der Magnete nicht mehr parallel sind, auf die Wirkung der beiden Ströme, die wir Art. 75 betrachtet haben, mit dem einzigen Unterschiede, daß die Ebenen dieser Ströme, anstatt parallel zu seyn, irgend einen Winkel unter sich machen, ein Umstand, der in die Formeln gebracht werden muß. Auch haben wir noch angenommen, daß die beiden Axen der Magnete in einer und derselben Ebene lägen; im entgegengesetzten Falle muß die Rechnung auf die allgemeine Bestimmung der Wechselwirkung zweier Ströme in geschloßnen Kurven, welche in beliebigen Ebenen liegen, angewendet werden.

78. Wir haben gesehn daß ein Magnet, seiner Länge nach, wie ein schraubenförmig gewundener leitender Draht, und den auf seiner Axe, welche die beiden Enden desselben bestimmt, senkrechten Flächen nach, wie ein in eine ebene Spirale gewundener Leiter wirkt. Diese Identität behauptet sich auch in der Wirkung, welche ein Magnet auf einen Stahlstab ausübt, um ihm die magnetische Kraft mitzutheilen, gerade so wie der die beiden Enden der Säule verbindende Metalldraht in den Versuchen, wo man denselben anwendet, um einen Stab zu magnetisiren.

Nehmen wir zuvörderst an, daß auf diesen Stab eine Spirale gelegt sey, deren Mittelpunkt irgend einem Punkte seiner Länge entspreche, so wird man an diesem

Punkte einen consequenten Punkt entstehn, und die beiden Theile des Stabes zu jeder Seite dieses Punktes sich so magnetisiren sehn, daß die electrischen Ströme, welche die von uns gegebene Theorie in den Magneten annimmt, wie die der Spirale in den Punkten gerichtet sind, wo sie den Stab berührt, und daß die beiden Enden dieses folglich gleichnamige Pole seyen, von der Art der magnetischen Pole, welche die Spirale von der Seite gesehn darbietet, wo sie auf den Stab wirkt. Dieser Versuch, der sich leicht wiederholen läßt, unterscheidet sich in nichts von der Magnetisirung eines Stabes durch einen transversalen Draht, nach dem Verfahren von H. Davy. Substituiren wir jetzt der Spirale den Pol eines Magnets, in welchem die Ströme dieselbe Richtung haben wie in dieser Spirale, so daß seine Axe wie die der Spirale senkrecht auf den Stab sey, so wird dieser genau auf dieselbe Weise magnetisirt werden, es wird sich eben so ein consequenter Punkt in der Mitte desjenigen Theiles des Stabes bilden, welchen der Pol des Magnets berührte, und seine beiden Enden werden wie in dem Fall mit der Spirale einen dem des Magnets, welcher diesen Stab berührt hat, gleichnamigen Pol darbieten.

79. Streicht man entweder mit der Spirale oder dem Magnet von einem Ende des Stabes zum andern, immer in der nämlichen Richtung, so wird der Theil dieses Stabes, welcher sich in jedem Augenblicke auf der Seite befindet, wo die Bewegung anfing, die Ströme behalten, die darn hervorgebracht wurden; aber die in dem andern Theile hervorgebrachten Ströme werden

zerstört und in Ströme der entgegengesetzten Richtung verwandelt werden, in dem Maße als die Bewegung der Spirale oder des Magnets sie auf der andern Seite dieser Spirale oder dieses Magnets antreffen läßt, dergestalt daß das Ende des Stabes, an welchem die Bewegung angefangen hat, einen gleichnamigen Pol wie in dem Magnet wird darbieten müssen, und das, wo sie aufhört, einen ungleichnamigen, was mit der Erfahrung übereinstimmt. Man sieht z. B. in Fig. 30, wo B'A' den Stab vorstellt, daß wenn man ihn mit dem Nordpol eines unter rechten Winkeln darüber gehaltenen Magnets streicht, indem man von B' nach A' geht, dieser Magnet, vorausgesetzt daß seine Ströme wie die eines leitenden Drahtes in den Versuchen H. Davy's wirken, von dem Ende B' an bis zu dem Berührungspunkte Ströme mn hervorbringen muß, die die Richtung der auf dieser Seite der Figur gezeichneten Pfeile haben, während er von demselben Berührungspunkte an bis zum andern Ende A' des Stabes B'A' Ströme m'n' hervorbringen muß, welche die entgegengesetzte Richtung haben, wie die Pfeile auf dieser Seite der Figur. Wenn aber der Magnet, indem er über den ganzen Stab hinweggeführt wird, in A' angekommen seyn wird, so werden alle Ströme, die diese letztere Richtung hatten, vernichtet und nach entgegengesetzter Richtung erzeugt werden, in dem Maße als der Magnet zwischen sie und den Punkt A' gebracht wurde; es werden sonach alle die nämliche Richtung haben, wie die ersten Ströme mn; der Pol B' wird zur Linken eines Beobachters seyn, der in diese Ströme gestellt wäre und seinen Rücken der Axe

des Magnets B'A' zugekehrt hätte: er wird also ein Nordpol seyn, und der Pol A' ein Südpol, wie man in der That beobachtet.

Wenn aber der Stab aus einem sehr harten Stahle besteht, so werden die Ströme m'n', die anfangs nach entgegengesetzter Richtung zwischen dem Berührungspunkte und dem Punkte A' hervorgebracht wurden, trotz der Magnetisirung nach entgegengesetzter Richtung, welche nachher die Punkte des Stabes anzunehmen streben, in welchen sie vorhanden sind, fortbestehn können, und dann wird dieser Stab consequente Punkte zeigen, wie in der That oft geschieht, wenn man auf diese Weise bei der Magnetisirung verfährt.

80. Nimmt man den Magnet, dessen man sich bedient um den Stab zu magnetisiren, geneigt an, indem man ihm die Lage gibt, in welcher ihn die Fig. 30 in AB vorstellt, so wird man die Magnetisirung noch leichter bewerkstelligen und die Anzahl der consequenten Punkte zu vermindern streben, wofern die Neigung nicht zu groß ist. Diesen Umstand gehörig zu begreifen, muß man beachten, daß wenn er auch die Wirkung eines Theils der Ströme des Magnets, welche nach pq hin liegen, zu vermindern strebt, weil diese dadurch von dem Stabe entfernt werden, diese Wirkung doch für die Ströme mn, welche zwischen B' und dem Punkte, in welchem der Magnet den Stab berührt, liegen, vermehrt wird, weil die Ströme des Magnets AB, anstatt in dem Stabe Ströme hervorbringen zu müssen, welche in Ebenen liegen, die auf den ihrigen senkrecht sind, nun so wirken können, daß sie diese Ströme in Ebenen erzeugen, mit

welchen sie einen spitzen Winkel machen, der dem Winkel der Axen des Magnets und des Stabes gleich ist, wodurch ihre Wirkung nothwendig begünstigt wird; gerade das Gegentheil findet für die Ströme m'n' Statt, deren Erzeugung die Schiefheit des Magnets AB nicht anders als ungünstig seyn kann, wie dieses die große Schwäche der Wirkung zeigt, welche in Arago's Versuchen ein schraubenförmig gewundener leitender Draht hervorbrachte, der eine außerhalb dieser Schraube gelegene Nadel magnetisiren sollte. Die Ströme mn, welche allein nach der Magnetisirung fortbestehn, werden also energischer seyn müssen, wenn der Magnet geneigt wird, als in dem Falle, wo man ihn in einer auf der des Stabes senkrechten Richtung hält, selbst trotz des Hindernisses einer größern Entfernung zwischen einigen der Ströme des Magnets und der Punkte des Stabes, die sie zu magnetisiren streben, während die Ströme m'n', die vernichtet werden sollen, nur an Intensität in dem Maße verlieren können, in welchem die Axe des Magnets gegen die des Stabes geneigt ist, so lange wenigstens, als der Winkel dieser Axen nicht zu klein wird; denn da in diesem letztern Falle die Veränderung der Entfernung einen weit größern Einfluß gewinnt, so würde die auf Hervorbringung der Ströme mn gerichtete Wirkung des Magnets ihrerseits auch abnehmen, und der Stab weniger gut magnetisirt werden, als wenn der Magnet im mittlern Grade gegen den Stab geneigt ist. Es ist unnütz zu wiederholen, daß diese verschiedenen Resultate sämmtlich mit der Erfahrung übereinstimmen.

81. Wenn man längs dem Stabe anstatt eines einzigen Magnetes, dessen Axe mit der des Stabes rechte Winkel macht, zwei in einer kleinen Entfernung von einander hinführt, welche ihn mit ungleichnamigen Polen berühren, so ist klar, daß zufolge der Art und Weise, wie die electrischen Ströme andere in einem Stahlstabe hervorzubringen streben, die Wirkungen der Ströme, die wir in diesen beiden Magneten annehmen, sich für alle diejenigen Punkte des Stabes entgegen seyn werden, welche außerhalb des Zwischenraumes zwischen den beiden Magneten gelegen sind, während sie sich vereinigen werden, um für alle in diesem Zwischenraume gelegene Punkte desselben Stabes Ströme nach der nämlichen Richtung hervorzubringen. Da diese letztern Ströme sonach den erstern an Energie weit überlegener seyn werden, so werden diese allein fortbestehn, wenn die Magnete den Stab seiner ganzen Länge nach berührt und der Zwischenraum, welcher sie trennt, nach und nach alle Theile dieser Länge eingenommen haben wird. Dieß ist das unter dem Namen des Doppelstrichs bekannte Verfahren zu magnetisiren, und man sieht leicht, daß alle Umstände, welche es darbietet, eine nothwendige Folge unserer Theorie und der Magnetisirung eines Stahlstabes durch einen Volta'schen Leiter sind. Die Analogie der aus dieser Theorie abgeleiteten Erklärung, und derjenigen, welche die Hypothese von dem Doppelstrich gibt, die zwei magnetische Flüssigkeiten annimmt, welche nach denselben Gesetzen wie die beiden electrischen wirken sollen, erspart uns in die nähern Details über diesen Gegenstand einzugehn.

82. Arago hat durch einen sehr einfachen Versuch gezeigt, daß wenn ein Stab in einem Theile seiner Länge magnetisirt wird, dieser Theil, durch seine Wirkung auf den Rest des Stabes, den Magnetismus nach derselben Richtung fortzupflanzen strebt, vorausgesetzt daß er nicht zu sehr gehärtet sey, — sonst wird dieser Effect durch die Schwierigkeit, welche die Magnetisirung eines sehr gehärteten Stahles verursacht, gehindert; doch findet selbst in diesem Falle, noch Magnetisirung nach derselben Richtung in den Theilen Statt, welche dem schon magnetisirten Theile nahe sind; man überzeugt sich davon leicht, indem man nur einen Theil eines Stahldrahtes einige Zeit lang mit einem schraubenförmig gewundenen Leiter umwickelt, und hierauf diesen Stahldraht mit einer kleinen Magnetnadel untersucht, wo man finden wird daß eine Strecke desselben, welche gewöhnlich fast doppelt so viel beträgt als der vom Leiter umwickelt gewesene Theil, nach derselben Richtung magnetisirt ist; nur die Intensität nimmt allmählig ab, je weiter man sich von dem umwickelten Theile entfernt. Diese Thatsache, die eine nothwendige und unmittelbare Folge der Theorie ist, welche die magnetischen Phänomene als durch electrische Ströme hervorgebracht ansieht, wird aus der gewöhnlichen Theorie des Magnets ebenfalls erklärt, weil in einem theilweis magnetisirten Stabe jedes Theilchen der magnetisirten Portion das Fluidum des folgenden Theilchens zu zersetzen strebt, dergestalt daß es ihm Pole gibt, welche eben so liegen wie die seinigen, damit die benachbarten Pole in diesen beiden Theilchen von entgegengesetzter Art seyen, wie geschehen muß sobald man

annimmt, daß die beiden magnetischen Flüssigkeiten sich wechselseitig anziehn, und daß jede derselben die gleichartigen magnetischen Molecüls abstößt.

83. Wenn man an das Ende eines stählernen oder eisernen Stabes den Pol eines Magnets in gerader Linie mit dem Stabe hält, so wird dieser in dem Theile, der in der Nähe des Berührungspunktes ist, nach derselben Richtung magnetisch wie der Magnet selbst, was beide Hypothesen gleich gut erklären: denn nimmt man in dem Magnet electrische Ströme an, so müssen sie, Arago's eben angeführten Versuchen zufolge, dergleichen auch in dem Stabe hervorbringen, welche sich nach der nämlichen Richtung um seine Axe drehen und sonach einen neuen Magnet aus ihm machen, dessen Pole in Bezug auf einander eben so gelegen sind, wie die des ersten Magnets; schreibt man dagegen die magnetischen Phänomene der Trennung der beiden Flüssigkeiten, welche sich vorher durch ihre Vereinigung neutralisirten, in jedem Theilchen des Magnets zu, so ist sein Effect, wenn er den Stab z. B. mit seinem Südpole berührt, der, daß er das nördliche Fluidum jedes Theilchens anzieht, und das südliche abstößt, dergestalt daß alle Theilchen Magnete werden, deren Nordpol auf der Seite des Magnets, ihr Südpol aber auf der entgegengesetzten ist, und daß sie sonach alle nach derselben Richtung magnetisch werden wie er. Welche von diesen beiden Hypothesen man nun auch annimmt, so muß man in beiden Fällen schließen, daß der schon magnetisirte Theil auf den noch nicht magnetisirten nur wie der Magnet selbst wirken kann, weil die Pole in diesem Theile eben so gelegen sind wie die im

Magnet; er kann daher nach und nach den Magnetismus immer nur in der nämlichen Richtung bis zum andern Ende des Stabes fortpflanzen, was in der That geschieht, wenn er aus weichem Eisen besteht, ja die Fortpflanzung der magnetischen Eigenschaften längs des Stabes geschieht in diesem Falle im Allgemeinen sehr schnell, weil diese Substanz nur einen sehr schwachen Widerstand darbietet, mag man nun annehmen, daß electrische Ströme hervorgebracht werden, oder daß die beiden magnetischen Flüssigkeiten sich von einander trennen.

84. Besteht aber der Stab aus Stahl, und ist er besonders so gehärtet, daß er nur schwer die Eigenschaften eines Magnets annimmt, so nimmt man ein sehr merkwürdiges Phänomen wahr, dessen Erklärung besondere Aufmerksamkeit verdient. Dieses Phänomen besteht darin, daß sich alsdann ein consequenter Punkt auf dem Stabe bildet, und daß der Stab jenseit dieses Punktes Pole zeigt, welche den Polen des mit seinem Ende den Magnet berührenden Theils entgegengesetzt liegen, der einen dem des Magnets ähnlichen Magnetismus empfangen hat.

Es ist durch die Art der Pole, welche sich, wenn man einen Magnet zerbricht, an den Enden der beiden Fragmente entwickeln, mit welchen diese vor dem Bruch zusammenhingen, deutlich dargethan, daß die Hypothese von zwei magnetischen Flüssigkeiten nur bestehen kann, wenn man mit dem berühmten Coulomb annimmt, daß diese beiden Flüssigkeiten nie, so wie die Electricität, von einem Theilchen auf das andere übergehn, und daß alle magnetischen Phänomene auf der Trennung derselben

in einem und demselben Theilchen beruhen, so daß ein Magnet nur eine Vereinigung aus so vielen kleinen Magneten ist, als er Theilchen hat, deren jeder einen Südpol und einen Nordpol hat. Es ist alsdann offenbar, daß wenn ein Stab in einem Theile seiner Länge durch die Berührung eines seiner Enden mit einem Magnet magnetisirt worden ist, da es der magnetisirte Theil dann nach eben der Richtung wie dieser Magnet ist, dieser Theil nur wie der Magnet selbst wirken kann und seine Wirkung mit der dieses vereinigen muß, den Magnetismus längs des Stabes und immer nach derselben Richtung fortzupflanzen; wie kann man bei dieser Voraussetzung die Entstehung eines consequenten Punktes, und die Magnetisirung nach entgegengesetzter Richtung in dem jenseit dieses Punktes gelegenen Theile des Stabes erklären?

85. Anfangs scheint dasselbe Hinderniß vorhanden zu seyn, wenn man die magnetischen Phänomene den electrischen Strömen zuschreibt, welche sich in dem Stabe etabliren; denn sobald nur in einem Theile des Stabes Ströme vorhanden sind, müssen diese andere in jedem Theile, wo noch keine sind, und nach derselben Richtung hervorbringen. Um zu sehn, wie es wegen der Schwierigkeit, welche sich der Entstehung dieser Ströme in einem sehr gehärteten Stahle darbietet, geschehen kann, daß sich ein consequenter Punkt und jenseit desselben Ströme bilden, die die entgegengesetzte Richtung haben, wollen wir die drei Stäbe AB, A″B″, A‴B‴ (Fig. 33) betrachten, und annehmen, daß der erste allein magnetisch sey und daß sie, die Richtungen behaltend, welche

sie in dieser Figur haben, so an einander gebracht würden, daß der Winkel d des ersten den Winkel a″ des zweiten, und der Winkel d″ dieses den Winkel a‴ des dritten berührt: es ist klar, daß wenn wir A für den Südpol des Magnets AB nehmen, die Ströme in seiner vordern Fläche die Richtung ad haben werden, weil ein in diese Richtung gestellter und seinen Rücken der Axe des Magnets zukehrender Beobachter das Ende A zu seiner Rechten hat; der in dem Stabe A″B″ sich etablirende Strom wird, nach allem was wir gesagt haben, in dem Punkte, in welchem wie wir annahmen, der Winkel d den Winkel a″ berührt, die nämliche Richtung haben müssen; er wird daher an der hintern Fläche dieses Stabes von a″ nach d″ gehn, und an der vordern von d″ nach a″ zurückkehren, woraus folgt, daß A″B″ sich so magnetisiren wird, daß sein Nordpol in A″, zur Linken des in diesen Strom gestellten und seinen Rücken der Axe des Stabes A″B″ zukehrenden Beobachters sey; der so magnetisirte Stab wird nun die magnetischen Eigenschaften A‴B‴ mittheilen, so daß ihre Ströme in den Winkeln d″ und a‴, mit welchen sie sich berühren, die nämliche Richtung haben; die in dem Stabe A‴B‴ hervorgebrachten Ströme werden daher an seiner vordern Fläche von a‴ nach d‴ gerichtet seyn, und da das Ende A‴ zur Rechten des Beobachters sich befindet, den wir uns immer auf dieselbe Weise in diese Ströme gestellt denken, so wird A‴ der Südpol von A‴D‴ seyn.

Der Magnet AB, welcher A‴B‴ so magnetisirt haben würde, daß der Nordpol dieses in A‴ wäre, wenn er ihn unmittelbar berührt hätte, wird ihn also

im Gegentheil so magnetisiren, daß A‴ ein mit A gleichnamiger Pol, ein Südpol wird, wenn beide vermittelst des Stabes A″B″ mit einander communiciren, dessen Axe auf den ihrigen senkrecht ist: genau dasselbe geschieht, wenn sich ein consequenter Punkt in einem sehr gehärteten Stabe bildet, welcher den Südpol eines Magnets mit einem seiner Enden berührt. Der benachbarte Theil des Stabes wird erst so magnetisirt, daß dieses Ende ein Nordpol wird, wie das Ende B des Magnets AB, der jenen Theil vorstellen soll, während A‴B‴ den andern Theil des Stabes vorstelle; so lange die Electricität dieses letztern Theils der Wirkung der Ströme von AB frei wird gehorchen können, wird der Fall Statt finden, wo AB schon magnetisirt, A‴B‴ noch nicht magnetisirt ist, und wo beide sich unmittelbar berühren, d. h. der Magnetismus wird sich immer nach der nämlichen Richtung fortpflanzen; wenn aber die zu starke Härtung diesem Effect widerstrebt, so wird in dem zwar ununterbrochenen Stabe dasselbe geschehn, was mit AB und A‴B‴ geschieht, wenn sie nur durch den Stab A″B″ mit einander verbunden sind, dessen Axe auf den ihrigen senkrecht ist; es werden sich in dem ununterbrochenen Stabe Ströme bilden, welche sich um eine Normale auf seine Oberfläche drehen, denen ähnlich, welche in A″B″ entstehn. Diese Ströme werden daher den Rest des Stabes, von welchem wir sprechen, nach entgegengesetzter Richtung zu magnetisiren streben, wie die von A″B″ mit A‴B‴ thun, dergestalt daß die Pole dieses umgekehrt liegen wie die von AB, und es wird sonach ein conse-

quenter Punkt entstehn, der Erfahrung gemäß, welche wir hier zu erklären versuchten.

86. Aus diesem Streben der um die Axe eines Magnets herum etablirten electrischen Ströme, um die Axe eines Stabes, die auf der seinigen senkrecht ist, andere in der von uns eben angegebenen Richtung hervorzubringen, erklären sich, wenn man die magnetischen Phänomene als von electrischen Strömen abhängig betrachtet, alle Umstände der Effecte, die durch die Bewaffnung hervorgebracht werden. Die Gränzen, in welche diese Darstellung eingeschlossen werden mußte, und die wir schon zu weit überschritten haben, erlauben uns nicht, hinsichtlich dieses Punktes in Details einzugehn, die der Leser mit Hülfe des Vorhergehenden leicht wird suppliren können. Der nämliche Beweggrund verbietet uns, alle die Umstände durchzugehn, welche die Magnetisirung eines Stabes mit Hülfe eines oder mehrerer Magnete darbietet, je nach den verschiedenen Lagen, die man ihnen zu einander geben, und je nach den verschiedenen Bewegungen, die man ihnen ertheilen kann. Diese Umstände sind in jedem Falle leicht vorherzusehn, wenn man von der Theorie ausgeht, welche wir angenommen und deren Prinzipe wir eben aus einander gesetzt haben; sie dienen daher auch sehr gut, die Beweise für dieselbe vollzähliger zu machen.

87. Das Vorhandenseyn von Strömen in der Erdkugel und in den Magneten knüpft sich, der Natur der Sache nach, an die bekannte Eigenschaft zwei sich berührender Körper an, einander eine der beiden Electricitäten zu entziehn. Stehen sie zu gleicher Zeit, an einem an-

dern Punkte ihrer Oberfläche, durch flüssige Leiter mit einander in Verbindung, deren Wirkung die ihrige nicht aufhebt, so entsteht nothwendig unser sogenannter electrischer Strom. Es reicht hin, wie wir weiter oben gesagt haben, in dem magnetisirten Stahle die Molecüls so zusammengereiht anzunehmen, daß sie transversal auf seiner Axe dieselbe Anordnung zeigen, welche in einer Säule Statt hat, deren beide Enden sich berühren, indem jedes Molecül nebst dem Raume, der es vom folgenden trennt, denselben Effect hervorbringt, wie in der Säule ein Element Kupfer, Zink und Flüssigkeit. Wir können hiebei nicht unbemerkt lassen daß, um eine electromotorische Wirkung hervorzubringen, nicht zwei Körper von verschiedener Natur auf einander wirken müssen, denn man weiß, daß vermittelst einer bloßen Verschiedenheit in der Temperatur oder selbst in der Form zwischen zwei Theilen eines und desselben Metalls, dieses Metall zu einer Säule gebraucht werden kann, in der es einen dem analogen Effect hervorbringt, welchen Kupfer und Zink zusammen in der gewöhnlichen Säule bewirken.

Die Richtung der Ströme in der Erdkugel von Ost nach West ist deßwegen merkwürdig, weil sie der der Bewegung der Erde fast entgegengesetzt ist, mit welcher sie auch ohne Zweifel in einer Beziehung steht, die sich noch nicht unwiderleglich darthun läßt. In der Hypothese, nach welcher der Raum mit einer sehr elastischen Materie erfüllt seyn sollte, würde die scheinbare Bewegung dieser Materie in Bezug auf die Kugel auch ziemlich mit der Richtung der electrischen Ströme zusammenfallen, die vielleicht dieser Ursache zuzuschreiben ist.

Zufolge der bekannten Erfahrung, daß zwei Körper von einer und derselben Natur, aber verschieden erwärmt, galvanisch auf einander wirken, ist es übrigens wahrscheinlich, daß die Ströme der Erdkugel zum Theil von der Erwärmung durch die Sonne herrühren, welche, in ihrer täglichen Bewegung alle Meridiane von Ost nach West durchlaufend, allmählig alle Theile der Erde unter diesen verschiedenen Meridianen wärmt, und so Ströme nach einer bestimmten Richtung etablirt. Außerdem ist es, abgesehn von dieser Betrachtungsweise, kaum möglich, daß nicht bei einer Vereinigung von heterogenen Materien, wie die Erde ist, die galvanischen Wirkungen Ströme hervorbringen sollten, die dann, selbst wenn wir sie als sehr wenig intensiv annehmen, wegen ihrer großen Menge unfehlbar einen wahrnehmbaren Effect hervorbringen würden. Was aber auch die Ursache der electrischen Disposition in der Erde seyn mag, so ist doch in der Wirkung der Sonne auf die Ströme an ihrer Oberfläche, deren Intensität sie nothwendig variiren macht, die Ursache der täglichen und jährlichen Variationen der Magnetnadel zu suchen, während die Veränderungen in der Neigung und Abweichung, die eine weit längere Periode einnehmen, von den weit allgemeinern Variationen abhängig zu seyn scheinen, welche die Disposition der in Bewegung gesetzten Electricität in allen Theilen der Erde auf einmal erlitte.

88. Die Abweichung der Magnetnadel nach der Hypothese, welche wir in Betreff der Ursache der Effecte des Magnets annehmen, hängt von der Differenz ab, die zwischen dem geographischen Ost- und Westpunkte

und der Richtung der Ströme in der Erde besteht, auf welchen die Nadel immer senkrecht ist. Eben so bezieht sich die Neigung auf die Richtung eines Magnets durch einen Leiter, und entsteht, sowohl was die Magnete als was die electrischen Leiter anlangt (Art. 19), durch das allgemeine Streben der Ströme, parallel und nach einer und derselben Richtung zu verlaufen.

89. Wir haben in dieser Darstellung die electrischen Ströme in den Magneten um deren Axe sich drehend betrachtet; man kann sie auch als um jedes Theilchen derselben sich drehend ansehn, wie Ampère in einer der Königl. Akademie der Wissenschaften im Januar 1821 vorgelesenen Abhandlung dargethan hat. Alle Erklärungen bleiben für diese zweite Betrachtungsweise dieselben; nur muß das, was wir bisher vom ganzen Magnet sagten, alsdann von jedem Theilchen gelten, und wenn alle so, wie wir auseinander gesetzt haben, gerichtet sind, und so angezogen und abgestoßen werden, so wird auch der aus ihrer Vereinigung hervorgehende Magnet eben so gerichtet, angezogen und abgestoßen. Uebrigens, wenn man annimmt, daß die Ströme um jedes Theilchen sich drehn, muß man immer, um eine richtige Idee von den Effecten zu erhalten, die sie hervorbringen müssen, ein einzelnes Theilchen so betrachten, wie wir den ganzen Magnet betrachtet haben; und selbst in diesem Falle würde es bequemer seyn, zuerst direct auf diesen dasjenige anzuwenden, was von jedem Theilchen zu sagen wäre, und alsdann die einfache Bemerkung hinzuzufügen, daß man immer dem ganzen Magnet so viel kleine Magnete substituiren kann, als er Theilchen enthält. So

nahm man in der Hypothese von zwei magnetischen Flüssigkeiten Anfangs an, daß wenn diese in einem Stahlstabe sich von einander trennten, jede derselben nach einem Ende des Stabes getrieben würde, und erst später lehrte man, daß die Zerlegung nur in den kleinsten Theilchen vor sich gehe, und daß kein Molecül einer der beiden Flüssigkeiten aus einem dieser Theilchen weder heraus, noch hinein komme. Obgleich diese beiden Betrachtungsweisen für die Trennung der beiden magnetischen Flüssigkeiten im Allgemeinen zu denselben Resultaten führen, so entschied doch bald die Natur der Pole, welche an den Enden der beiden Fragmente eines zerbrochenen Magnets, mit denen diese vor dem Bruch zusammenhingen, hervortreten, für letztere, weil dieser Umstand sich nur nach der zweiten Hypothese erklären ließ; derselbe Umstand kann aber nicht zwischen den beiden Erklärungsarten der magnetischen Phänomene durch electrische Ströme, die in auf der Axe des Magnets senkrechten Ebenen gelegen sind, entscheiden, weil, mag man nun annehmen, daß sie sich um die Axe oder um jedes Theilchen drehn, diese Ströme nach Zerbrechung des magnetisirten Stabes ihre vorige Richtung behalten, und daher an den beiden Fragmenten dieselben Pole geben, und zwar so geben müssen, wie die Erfahrung zeigt daß es wirklich der Fall ist, und es bleibt diese Frage deshalb vor der Hand unbeantwortet. Mehrere Gründe, welche Ampère in der angeführten Abhandlung unterdessen geltend zu machen sich begnügte, führten ihn auf die Vermuthung, daß die Ströme wirklich um jedes Theilchen des magnetisirten Stahles verlaufen, und er

hält für wahrscheinlich, daß sie schon vor der Magnetisirung darin vorhanden waren; daß sie aber da noch, die einen diese, die andern jene Richtung hatten, und daß daher aus ihrer Vereinigung noch keine Wirkung hervorgehn kann, bis die Magnetisirung ihnen allen eine und dieselbe Richtung in den Theilchen gegeben hat, welchen durch diese Operation die magnetischen Eigenschaften mitgetheilt werden.

Fig. 1.

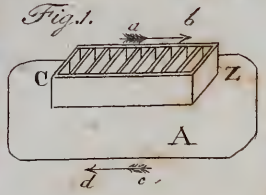


Fig. 2.

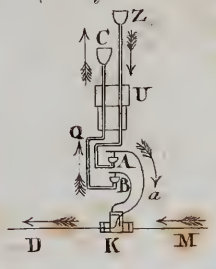


Fig. 3.

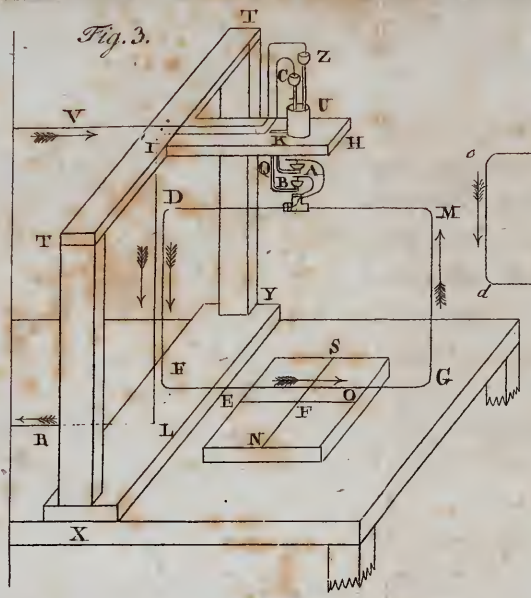


Fig. 4.

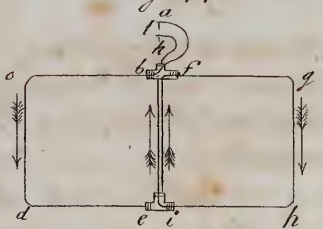


Fig. 6.

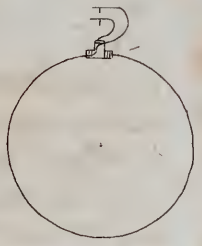


Fig. 5.

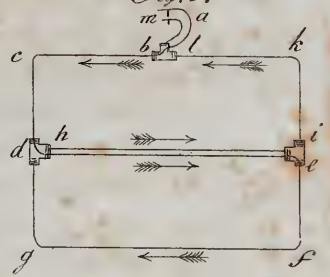


Fig. 7.

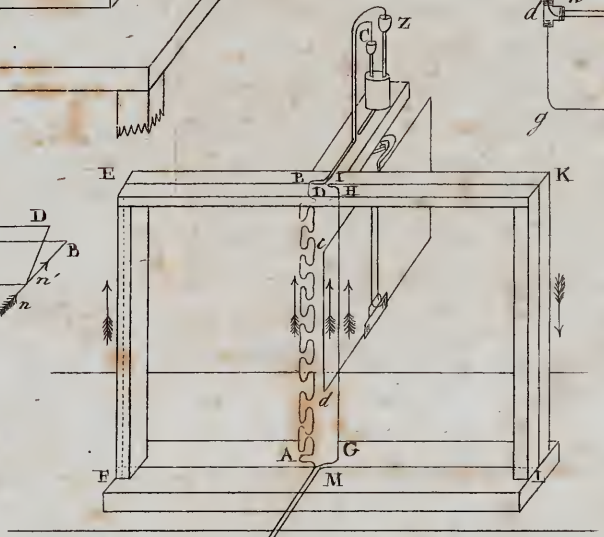


Fig. 8.

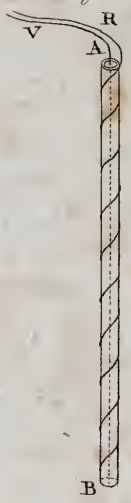


Fig. 9.

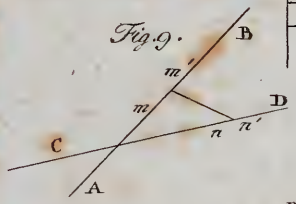


Fig. 11.

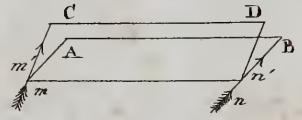


Fig. 13.

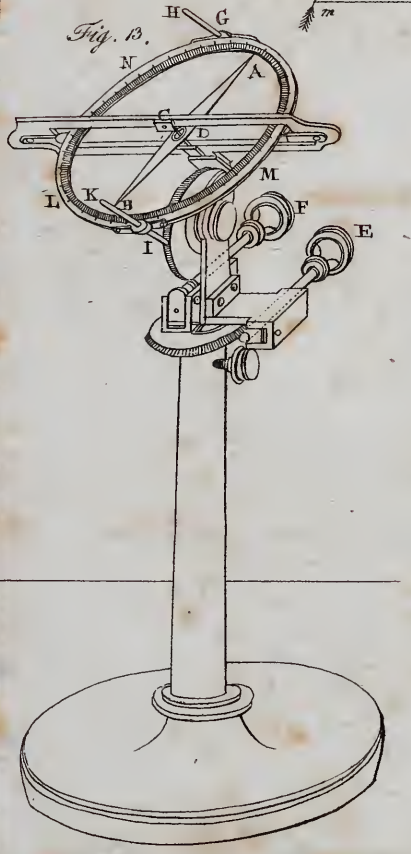


Fig. 12.

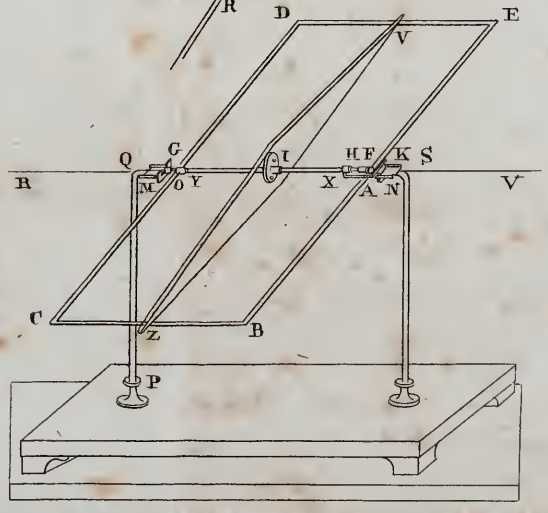


Fig. 10.

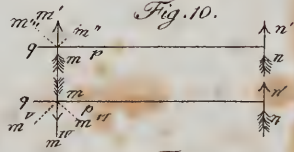


Fig. 14.

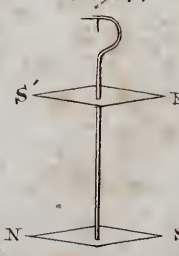


Fig. 15.

Fig. 17.

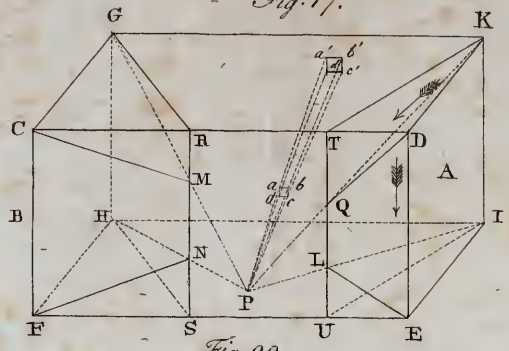


Fig. 18.

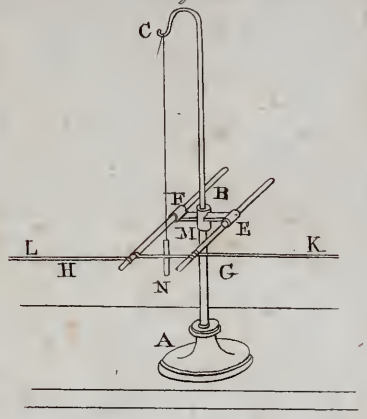


Fig. 27.

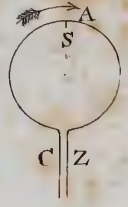


Fig. 19.

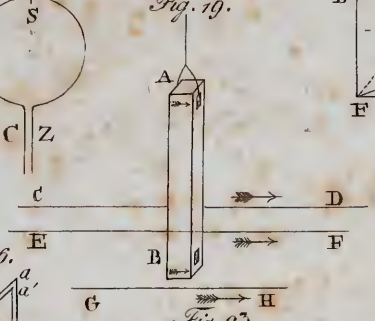


Fig. 20.

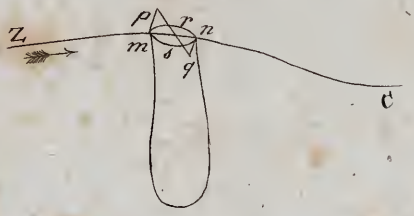


Fig. 16.

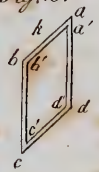
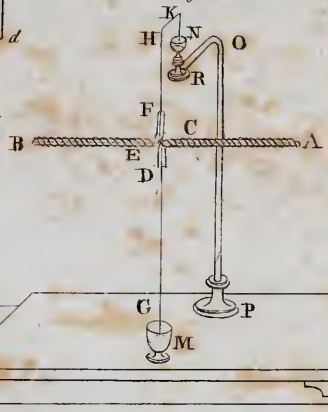


Fig. 23.



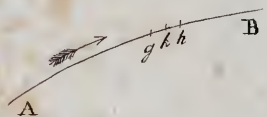


Fig. 21.

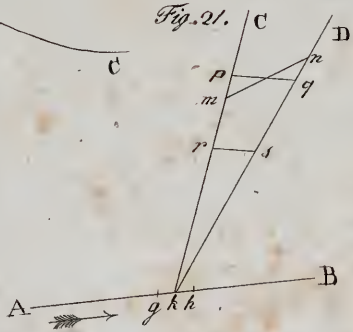


Fig. 22.

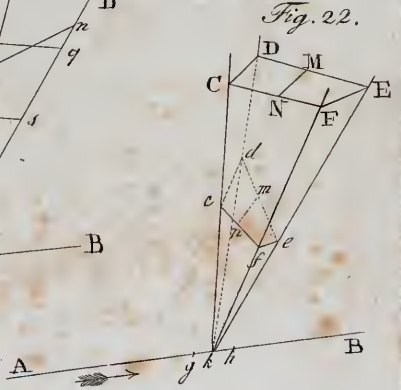


Fig. 24.

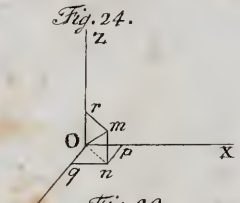


Fig. 28.

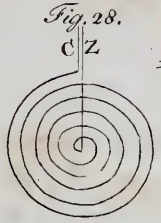


Fig. 29.

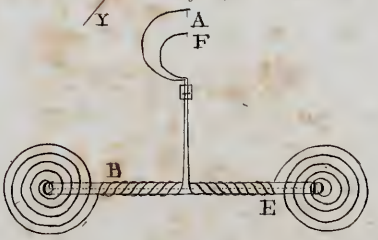


Fig. 25.

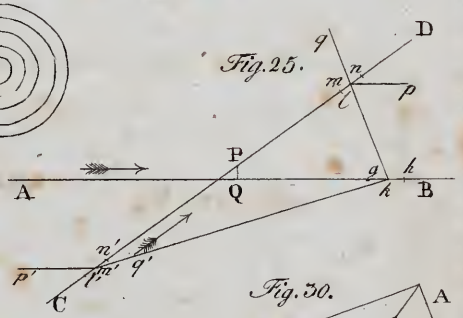


Fig. 26.

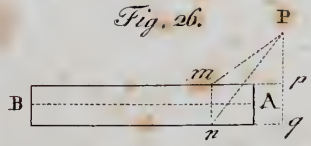


Fig. 30.

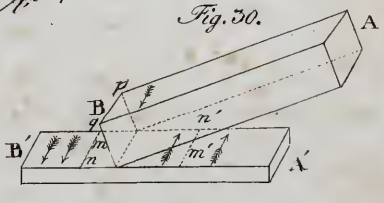


Fig. 31.

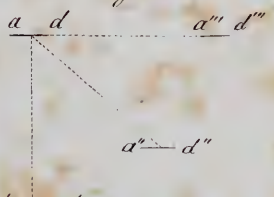


Fig. 32.

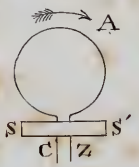


Fig. 33.

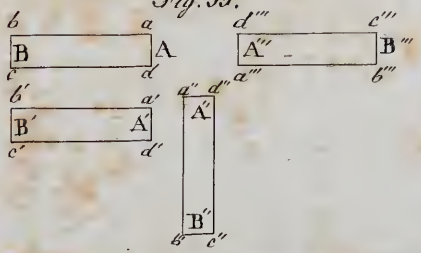
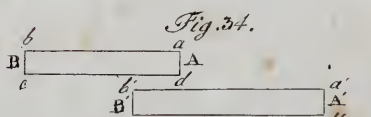
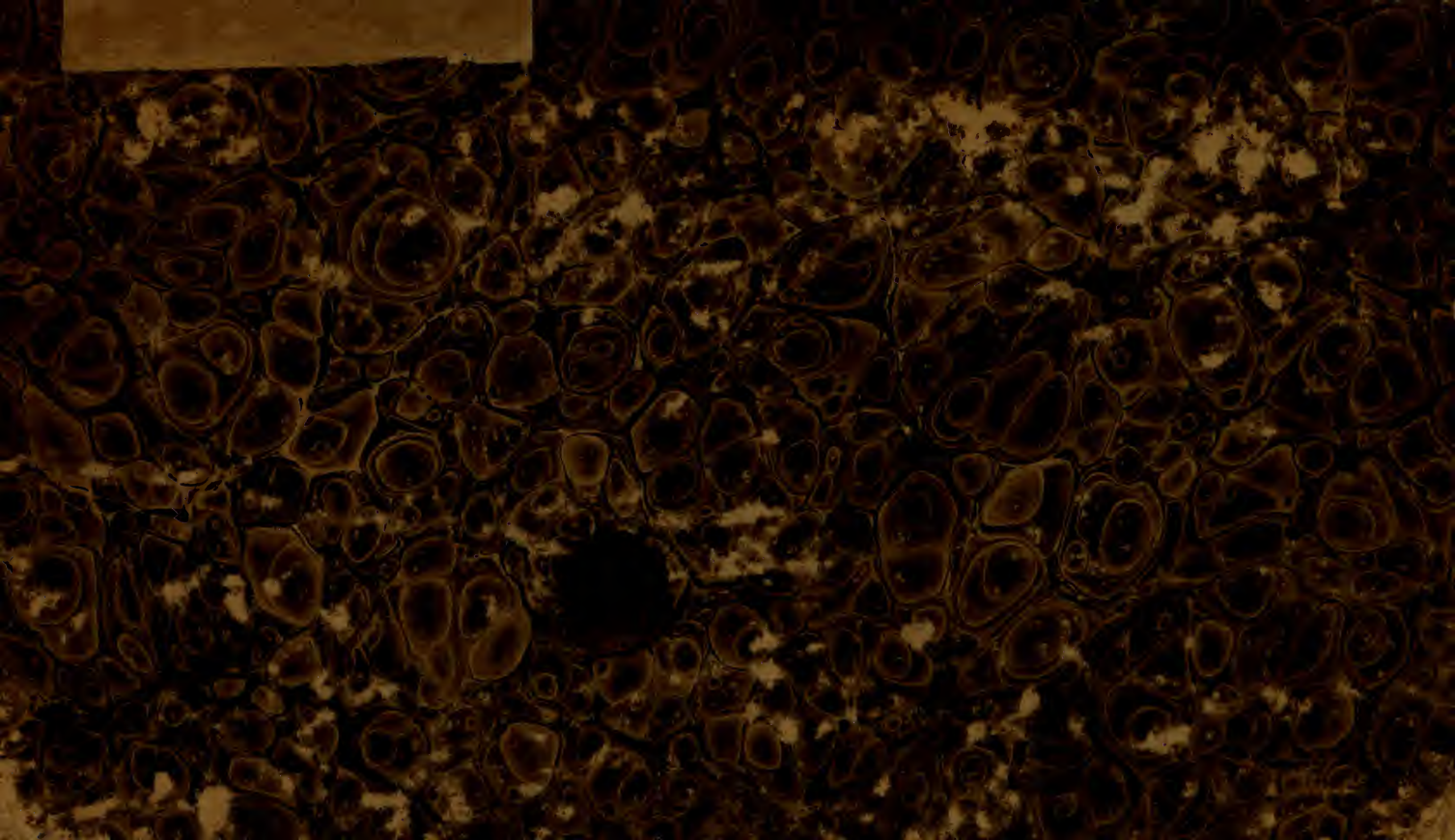


Fig. 34.



COUNTWAY LIBRARY OF MEDICINE

QC
517
A49 G3

RARE BOOKS DEPARTMENT